ஸங்கீத ஒலி நூல்

(ACOUSTICS)

BY

R. K. VISWANATHAN, M.A.
Associate Professor of Physics,
Sometime Member, Board of Studies in Indian Music,
Annamalai University.

SECOND REVISED EDITION



ANNAMALAI UNIVERSITY
1953

ஸங்கீத ஒலி நூல்

(ACOUSTICS)

BY

R. K. VISWANATHAN,

Associate Professor of Physics,

Sometime Member, Board of Studies in Indian Music,

Annamalai University.

SECOND REVISED EDITION



ANNAMALAI UNIVERSITY

1953

ஸங்கீத ஒலி நூல்

இயற்றியவர்

ஆர். கே. விசுவநாதன், எம்.ஏ.,
பௌதிக துணைப் பேராசிரியர்,
அண்ணாமலை சர்வகலாசாலை



அண்ணாமலைப் பல்கலைக் கழகத்தாரால்
பதிப்பிக்கப்பெற்றது
1953

PREFACE

This book was written, by direction of the Syndicate of the Annamalai University, to serve as an introductory text-book in Tamil for Students studying Acoustics for the Sangeetha Bushana Title. I have divided the subject-matter of their course in Acoustics into eleven chapters and these I have arranged in the order which, as I learnt while teaching the subject, presents the least difficulty to the student. For the greater convenience of students preparing for examinations, I have given for each chapter a synopsis at the beginning and a list of questions at the end.

I am persuaded that there is no real need to invent Tamil equivalents for the scientific terms which I used in my lectures and use here, and so I am content with their transliteration. A list of such terms is given at the end of the book.

I must express my cordial thanks to Mr. E. S. Varadaraja Iyer, B.A., of the University Tamil Research Department, who kindly read the proofs. I am thankful to the Authorities of the University for giving me occasion to write this book.

ANNAMALAINAGAR,
April 1936

R. K. VISWANATHAN.

இரண்டாம் பதிப்பின் நன்றியுரை

இப்பதிப்பில் அத்தியாயங்கள் 6, 7, 9, 10 சற்று விரிவாக எழுதப்பட்டிருக்கின்றன. இப்புத்தகத்துக்கு படங்கள் தயாரித்து கொடுத்தவர் என் உறவினர் ஸ்ரீ எஸ். சுந்தரம், M. A. அவர்கள். இவர் எனது பழைய மாணவரும் ஆவர். முதல் பதிப்பில் இவருக்கு நன்றி கூற மறந்துவிட்டேன். அதை இப்பதிப்பில் நிறைவேற்றுகிறேன். இதனை விரைவில் திறம்பட அச்சிட்டுக்கொடுத்த திருச்சிறுப்பள்ளி யுனைடெட் பிரிண்டர்ஸ் லிமிடெட் நிர்வாகஸ்தர்களுக்கும் என் நன்றி உரித்தாகும்.

தமிழ் நலம் பரவுக!

அக்டோபர், 1953 — **ஆர். கே. விசுவநாதன்**

(CONTENTS)

பொருளடக்கம்

(Chapter) அத்தியாயம் — (Page) பக்கம்

1. (Production and Transmission of Sound)—ஒலி உண்டாவதன் காரணமும், பரவும் விதமும் 1
2. (Waves)—அலைகள் 19
3. (Vibration of Strings) — கம்பிகளின் அசைவு 31
4. (Vibration of Air Columns)—காற்று நிரைகளின் துடிப்பு 51
5. (Intervals, Musical Scale and Temperament) —இண்டர்வல்கள், மியூஸிகல் ஸ்கேல், டெம்பரமெண்டு 78
6. (Musical Instruments)—ஸங்கீத வாத்தியங்கள் 94
7. (Larynx and Ear) — பேசும் அவயவமும் காதும் 123
8. (Analysis and Synthesis of Sounds)—சப்தங்களின் விபாகமும் அவைகளின் கலவைகளும் 136
9. (Phonograph, Gramophone, Talkie, Radio) —போநோகிராப், கிராமபோன், சினிமா பேசும் படம், ரேடியோ 151

(Chapter) அத்தியாயம் | (Page) பக்கம்

10. (Reflection of Sounds, Echoes, Reverberation, Acoustics of Buildings)—ஒலிகளின் பிரதிபலனம், எதிரொலி, எதிர்முழக்கம், மண்டபங்களின் நாதக்கட்டு .. 184

11. (Principles of Staff Notation — ஸ்டாப் நொடேஷனின் முக்கிய அம்சங்கள் .. 198

List of Terms—பதங்களின் ஜாப்தா .. 208

இந்நூலாசிரியரின் மற்ற விஞ்ஞான நூல்களைப் பற்றிய சில அபிப்பிராயங்கள் .. 214

இந்நூலாசிரியரின் மற்ற விஞ்ஞான நூல்கள்

	பெயர்	வெளியீடு	விலை
1.	*பௌதிக நூல் முதல் பாகம்	அண்ணாமலைப் பல்கலைக் கழகம் 1941	ரூ. 3—0—0
2.	*பௌதிக நூல் இரண்டாம் பாகம்	,,	ரூ. 2—0—0
3.	ஒளியும் ஒலியும்	செந்தமிழ் நிலையம் ராமச்சந்திரபுரம் புதுக்கோட்டை 1942	ரூ. 2—8—0
4.	ஆலயமணி	கலைமகள் காரியாலயம் மைலாப்பூர், சென்னை 1946	ரூ. 2—8—0
5.	விஞ்ஞானக்காட்சி	தினமணி காரியாலயம் மவுண்ட் ரோடு சென்னை 1946	ரூ. 0—8—0
6.	The Physics of Music	Annamalai University 1949	ரூ. 2—0—0
7.	விசுவரூபம்	ஆசிரியர், அண்ணாமலைநகர் 1948	ரூ. 2—8—0
8.	†சக்தி	,, 1949	ரூ. 1—8—0
9.	அணுவில் தாண்டவம்	,, 1953	ரூ. 3—0—0

* இந்நூல்களுக்கு அண்ணாமலைப் பல்கலைக் கழகத்தாரால் ஆயிரம் ரூபாய் பரிசு அளிக்கப்பட்டது.

† இந்நூலுக்கு சென்னை அரசாங்கத்தாரால் தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகத்தின் மூலம் ஐந்நூறு ரூபாய் பரிசு அளிக்கப்பட்டது.

“கேட்குமொலி யிலெல்லாம்—
நின்றன்—கீதமிசைக் குதடா
நந்த லாலா.”

—அமரகவி சுப்பிரமணிய பாரதியார்

ஸங்கீத ஒலி நூல்

(ACOUSTICS)

அத்தியாயம் 1

(Production and Transmission of Sound)

ஒலி உண்டாவதன் காரணமும், பரவும் விதமும்

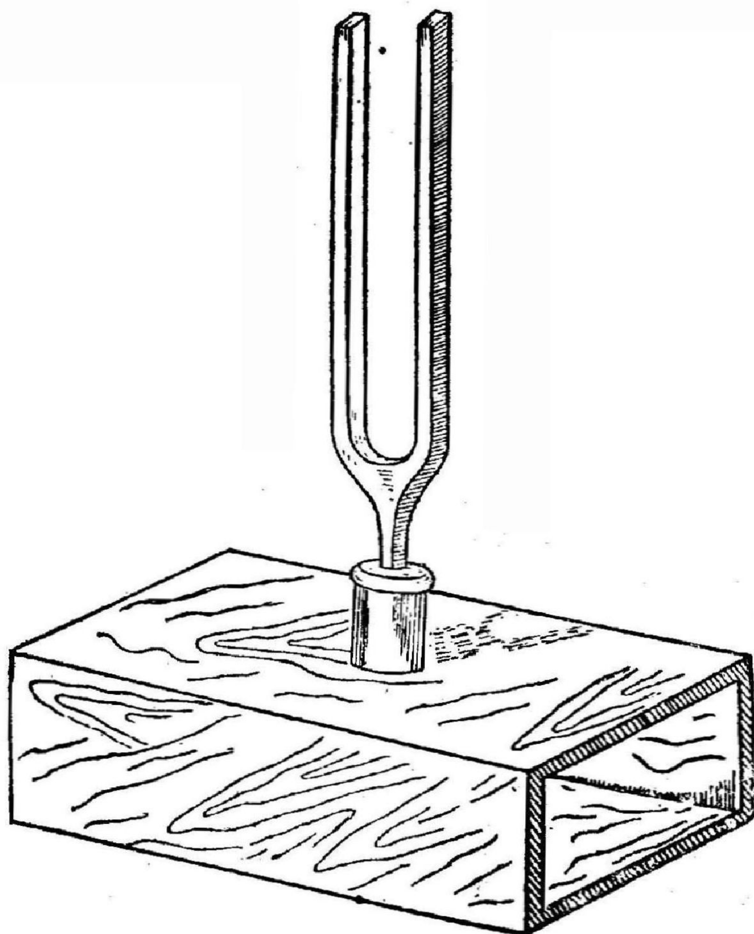
[பதார்த்தங்களின் அசைவினுல் காற்றில் அதிர்ச்சி ஏற்படுகின்றது—நரம்புகளும் அவைகளினுல் ஏற்படும் உணர்ச்சியும்—ஒலிக்குக் காரணமாயுள்ள அதிர்ச்சி ஏற்படும் விதமும், பரவும் விதமும்—பதார்த்தங்களில் ஒலி பரவும் வேகம்—ஒலியின் இனிமை, வெறுப்பு இவைகளின் காரணம்—ஸிம்பிள் பெண்டுலமும், விற்சுருளும் எடைக்கல்லும்—துடிப்பு எண்ணும் ஒலியின் சுருதியும்—வீச்சும் ஒலியின் ஏற்றக் குறைவும்—பல்சக்கரத்திஞல் இனிமையான ஒலி உண்டுபண்ணும் விதம்—டிரெவிலியன் ராக்கர்—ஸைரனின் அமைப்பும் அதிலிருந்து உண்டாகும் ஒலியின் சுருதியைக் கண்டுபிடிக்கும் விதமும்]

நம்மை எல்லாப்பக்கங்களிலும் காற்று சூழ்ந்துகொண்டிருக்கிறது என்பது எல்லோருக்கும் தெரிந்த விஷயம். அதாவது நாம் காற்று சமுத்திரத்தில் வசித்துக்கொண்டிருக்கிறும் என்று சொல்லலாம்; நம்முடைய செய்கைகள் எல்லாம் காற்றில்தான் நடந்துகொண்டிருக்கின்றன. உதாரணமாக ஒரு சாமானை ஒரு இடத்திலிருந்து மற்ருெரு இடத்தில் வைப்போமாஞல் காற்றைத் தள்ளித்தான்

வைக்கவேண்டியிருக்கிறது. அதுபோலவே நம்முடைய செய்கைகள் எல்லாம் காற்றிற்கு அதிர்ச்சியைக் கொடுக்கின்றன. நாம் பேசும்போது நம்முடைய வாய்க்குச் சமீபத்திலிருக்கும் காற்றில் அதிர்ச்சியை உண்டுபண்ணுகிறோம். அந்த அதிர்ச்சிதான் காற்றில் பரவி நாம் கேட்கும் சப்தத்திற்குக் காரணமாகவிருக்கின்றது. காற்றில் ஏற்படும் அதிர்ச்சியை உணருவதற்குக் காதுகள் என்ற நுட்பமான அவயவங்கள் எல்லா ஜீவராசிகளுக்கும் ஏற்பட்டுள்ளன. நாம் பலவித உணர்ச்சிகளை அறிய பல்வேறு நரம்புகள் நம் உடலில் இருக்கின்றன. உதாரணமாக ருசியைக் கண்டுபிடிப்பதற்குச் (Nerves of Taste) சுவை நரம்புகளும், கண்களால் பார்ப்பதற்குப் (Optic Nerves) பார்வை நரம்புகளும், இம்மாதிரி பலவிதமான நரம்புகளும் இருக்கின்றன. அதைப்போலவே நாம் கேட்பதற்கு உதவியாயுள்ள நரம்புகளுக்கு (Auditory Nerves) கேள்வி நரம்புகள் என்று பெயர். காற்றில் ஏற்படும் அதிர்ச்சி வெளிக்காது, நடுக்காது, உட்காது மூலமாகச் சென்று கேள்வி நரம்புகளில் பரவி மூளைக்குச் சென்று சப்தத்தின் உணர்ச்சியைக் கொடுக்கிறது. எந்தக் காரணத்திலாவது கேள்வி நரம்புகள் அறுந்துவிட்டால் நமக்கு சப்தத்தின் உணர்ச்சி ஏற்படாது.

இம்மாதிரி உணர்ச்சி ஏற்படுவதற்குக்காற்றில் அதிர்ச்சி ஏற்படவேண்டும். அவ்வாறு அதிர்ச்சியை உண்டுபண்ணுகிற வஸ்துக்களும் சப்தத்திற்குக் காரணமாகவிருக்கின்றனவென்று கருதப்படும். டியூனிங் போர்க் (Tuning Fork) என்று சொல்லப்படும் ஒலிக்கவட்டை எடுத்துக்கொண்டு அதைத் தட்டின மாத்திரத்தில் காதில் ஒரு இனிமையான சப்தம் விழுவதை அறிகிறோம். இதன் அமைப்பை 1-ம் படத்திலிருந்து தெரிந்துகொள்ளலாம். அந்தக் கருவியை உற்று நோக்கிப் பார்த்தால் அது அசைவது நன்றாகத் தெரியும். அந்த அசைவைக் கையினால் நிறுத்திவிட்டால் சப்தமும் நின்றுவிடுவதைச் சுலபமாக அறியலாம். அதைப்போலவே

வீணைக் கம்பியை மீட்டினவுடன் சப்தத்தைக் கேட்கிறோம். உடனே கம்பியை அசையாமல் பிடித்துக்கொண்டால்



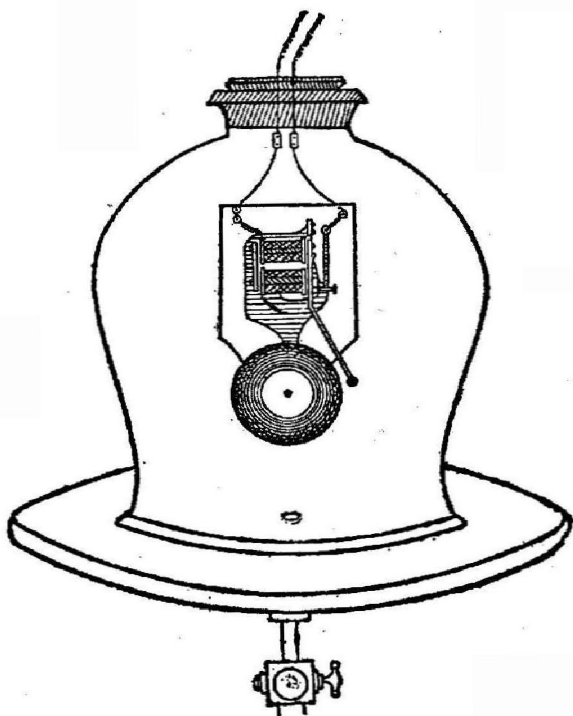
படம் 1: ஒலிக்கவடு

சப்தம் நின்றுவிடுகின்றது. இந்த உதாரணங்களைக் கொண்டு சப்தத்திற்குக்காரணம் வஸ்துக்களின் அசைவு என்று அறியலாம். வஸ்துக்கள் அனேகமிருக்கின்றன. பொதுவாக அவைகளை மூன்று வகுப்பாகப் பிரித்துக்

கொள்ளலாம். அவை கன பதார்த்தம், திரவ பதார்த்தம், வாயு பதார்த்தம் எனப்படும். கன பதார்த்தத்தின் அசைவினுல் உண்டாகும் சப்தத்திற்கு மேற்கூறிய டியூனிங் போர்க்கையோ அல்லது வீணைக் கம்பியையோ உதாரணமாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். கன பதார்த்தங்களை இரண்டு விதமாக சப்தம் செய்யும்படி செய்யலாம். வீணைக் கம்பியைச் செங்குத்தாக மீட்டியும், டியூனிங் போர்க்குக் கட்டையைச் செங்குத்தாக அசைக்கச் செய்தும் சப்தத்தை உண்டுபண்ணுகிறேம். இது ஒரு விதம். இத்துடிப்புகளுக்கு குறுக்குத் துடிப்புகள் என்று பெயர். மற்ெருரு விதத்தை அறிவதற்குக் கீழ்க்கண்ட பரீக்ஷையைச் செய்து பார்க்கலாம். ஒரு நீளக் கண்ணுடிக் குழாயை எடுத்துக் கொண்டு, அதை அதன் மத்தியில் பிடித்துக்கொண்டு ஸ்பிரிட் என்னும் திராவகத்தில் நனைத்த பஞ்சினுல், அந்தக் குழாயின் நீளத்தை ஒட்டி இழுத்தால் சப்தம் உண்டாவதைக் கவனிக்கலாம். இவ்வகைத் துடிப்புகளுக்கு நெட்டுத் துடிப்புகள் (Longitudinal vibrations) என்று பெயர். ஜலத்தில் அசைவு ஏற்படுவதனுல் உண்டாகும் சப்தத்தைக் குளக்கரையில் கேட்கலாம். வாயு அசைவதனுல் உண்டாகும் சப்தத்திற்குப் புல்லாங்குழலை உதாரணமாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். இம்மாதிரி பலவிதமான பரீக்ஷைகளைக்கொண்டு பதார்த்தங்களின் அசைவினுல் ஒலி உண்டாகின்றது என்று நிரூபிக்கலாம்.

ஒலி எவ்வாறு நம்மை அடைகின்றது என்பதை இப்பொழுது கவனிப்போம். கீழ்க்கண்ட பரிசோதனையை எடுத்துக்கொள்வோம். ஒரு Bell ஜாடியை வாயுவாங்கியின் தகட்டின்மேல் வைத்துக்கொண்டு அதற்குள் மின்சார சக்தியினுல் அடிக்கும் மணியை 2-ம் படத்தில் காணப்படுவதுபோல் தொங்கவிட்டு மணி அடிக்கும்படி செய்தால் கண்ணுடிப் பாத்திரத்திலிருக்கும் வாயுவின் மூலமாக ஒலி பரவி நம்மை அடைவதனுல் நாம் சப்தத்தைக் கேட்கிறேம். இப்பொழுது வாயுவாங்கியைக்

கொண்டு வாயுவைக் கண்ணாடிப் பாத்திரத்திலிருந்து வெளியேற்றிவிட்டால் வரவர சப்தம் குறைவதைக் காண லாம். இவ்வாறு எல்லாக் காற்றையும் வெளியேற்றி விட்டால் சப்தம் முழுவதிலும் மறைந்துவிடும். இதிலிருந்து



Bell ஜாடி சோதனை
படம் 2

ஒலி ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்ல காற்று சாதனமாகவிருக்கின்றது என்று அறியலாம். வாயு வைப்போலவே கனபதார்த்தமும், திரவபதார்த்தமும் ஒலி ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குப் பரவுவதற்குச் சாதனங்களாக இருக்கின்றன. ஒரு நீள்க் கழியை எடுத்துக்கொண்டு, அதன் அடிப்பாகத்தை ஒருவர்

காதில் வைத்துக்கொண்டு மற்ரொருவர் நுனிப்பாகத்தைச் சுறண்டினால், அதனால் உண்டாகும் ஒலியை அடி பாகத்தைக் காதில் வைத்துக்கொண்டு இருப்பவர் கேட்கிறார் என்பதைச் சுலபமாக நாம் அறியலாம். தவிர ஜலத்தில் இருவர் மூழ்கிக்கொண்டு ஒருவர் இரண்டு கற்களை மோதினால் அதனால் உண்டாகும் ஒலியை மற்ரொருவர் கேட்பதை நாம் கவனிக்கலாம். பெட்டியில் இணைக்கப்பட்ட ஒரு ஒலிக் கவட்டை எடுத்துக்கொண்டு அதைத் தட்டிப் பெட்டியை தண்ணீரில் அழுத்தி வைத்துக்கொண்டிருக்கும்பொழுது நாம் கேட்கும் ஒலி பெட்டியிலிருந்து தண்ணீருக்குப் பரவி அதனின்றே வெளிப்படுகிறது. ஆகையால், ஒலி பதார்த்தங்களின் மூலமாகப் பரவி நம்மை அடைகின்றது என்பதைத் தெரிந்து கொள்ளுகிறோம். ஆனால் ஒலியினால் உண்டாகும் அதிர்ச்சி இலேசான பதார்த்தத்திலிருந்து கன பதார்த்தத்திற்குச் செல்லும்பொழுது குறையும். முதலில் பார்த்த பரிசோதனையில் கண்ணாடி ஜாடி கவிழ்ந்து இருக்கும் பொழுது மணி சப்தம் குறைவாகவும் கண்ணாடி ஜாடி இல்லாமலிருக்கும்பொழுது மணி சப்தம் அதிகமாகவும் கேட்கின்றது. ஏனெனில் மணியிலிருந்து பரவும் அதிர்ச்சி முதலில் பாத்திரத்திலிருக்கும் காற்றில் பரவி, கண்ணாடிப் பாத்திரத்திற்கு வந்து கண்ணாடிப் பாத்திரத்திலிருந்து வெளிக் காற்றில் பரவி நம்மை அடைகின்றது. அவ்வாறு தொடர்பாக வரும்பொழுது கண்ணாடியானது கன பதார்த்தமாதலால் அதில் அசைவு குறைவாக ஏற்பட்டு ஒலி குறைவாகக் கேட்கின்றது.

காற்றில் ஒலி பரவுவதற்கு சிறிது நேரம் பிடிக்கிறது என்பதைக் கீழ்க்கண்ட நிகழ்ச்சியிலிருந்து அறியலாம். நாம் இருப்புப் பாதைக்குச் சற்று தூரத்திலிருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். அப்பொழுது அம் மார்க்கமாகச் செல்லும் ஒரு என்ஜின் ஊதுவதாக வைத்துக்கொள்ளுவோம். என்ஜின் ஊதல் குழாயிலிருந்து நீராவி வெளி வருவதால் ஒலி ஏற்படுகின்றது. நீராவி குழாயிலிருந்து

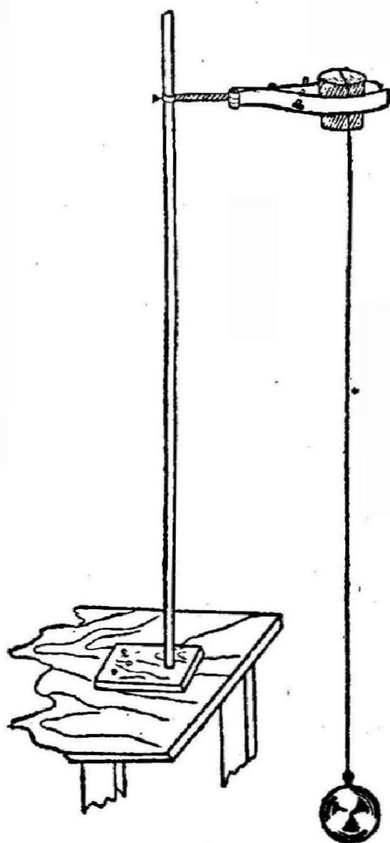
வருவதும் ஒலி உண்டாவதும் ஒரே காலத்தில் ஏற்படுகின்றது. ஆனல் நீராவி வெளிவருவதை முதலில் பார்க்கிறோம். சற்று நேரம் கழித்துத்தான் ஒலி காதில் விழும். ஏனெனில் நீராவி வெளிவருவதும், ஒலி உண்டாவதும் ஒரே காலத்தில் ஏற்பட்டபோதிலும், ஒளி வெகு சீக்கிரமாகப் பரவுவதால் நீராவி வெளிவருவதை முதலில் பார்க்கிறோம். ஒலி ஒளியைக் காட்டிலும் தாமதமாகப் பரவுவதால் பின்னல்தான் ஒலி கேட்கின்றது. மற்றொரு நிகழ்ச்சியையும் கூறலாம். அவுட்வாணம் வெடிக்கும்பொழுது பூக்கள் உதிருவதும், வெடி சப்தம் உண்டாவதும் ஒரே காலத்தில் ஏற்பட்டபோதிலும் பூக்கள் விழுந்த பிறகு வெடி சப்தம் காதில் விழுவதை எல்லோரும் கவனிக்கலாம். ஏனெனில் ஒளி வெகு சீக்கிரத்தில் பரவிவிடுகிறது. ஒலி பரவுவதற்குத் தாமதம் ஆவதால் அவைகள் இரண்டையும் தனித்தனியாக உணருகிறோம். ஒலி காற்றில் பரவும்பொழுது அதன் வேகத்தைக் கணக்கெடுத்திருக்கிருர்கள். ஒரு விநாடிக்கு சுமார் 1100 அடி வீதம் பரவுவதாகக் கணக்கிடப்பட்டிருக்கின்றது. கன பதார்த்தத்திலும், தண்ணீரிலும் ஒலி காற்றில் பரவுவதைக்காட்டிலும் அதிக வேகமாகப் பரவுகின்றது. உதாரணமாக ஒலி காற்றில் பரவும் வேகத்தைக்காட்டிலும் பதினைந்து மடங்கு அதிகமாக இரும்பில் பரவுகின்றது என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. தண்ணீரில் ஒலியின் வேகம் காற்றிலிருக்கும் வேகத்தைக்காட்டிலும் நான்கு மடங்கு அதிகமாக இருக்கின்றது. கன பதார்த்தத்தில் பரவும் வேகம் காற்றில் பரவுவதைவிட அதிகமாகவிருக்கின்றது என்பதை விளக்கிக்காட்டக் கீழ்க்கண்ட பரிசோதனையை செய்து பார்க்கலாம். நீண்ட இரும்புத் தண்டவாளம் ஒன்றை அதன் நுனியில் ஒருவர் ஒரு சுத்தியினல் அடிக்கும்பொழுது மற்றொரு நுனியில் மற்றொருவர் தண்டவாளத்தில் காதைப் பொருத்தி வைத்துக்கொண்டிருந்தால் அவர் காதில் சுத்தியினல் ஏற்பட்ட சப்தம் முதலில் இரும்பு மூலமாகப் பரவிக் காதில் விழும். சிறிதுநேரம் கழித்து அதே சப்தம்

மறுபடியும் காதில் விழும். இரண்டாவதாகக் கேட்கும் சப்தம் காற்றில் பரவி வருகின்ற சப்தம்.

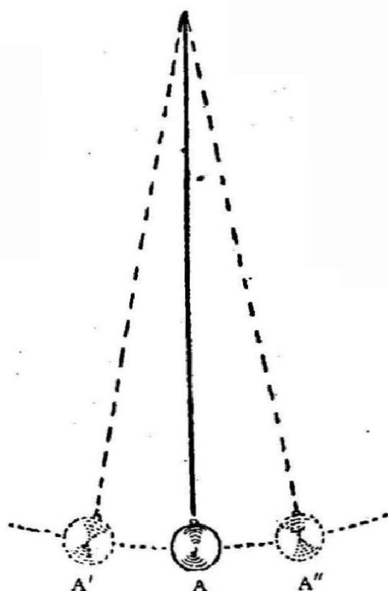
நாம் கேட்கும் ஒலிகளில் சில காதிற்கு இனிமையாக வும், சில வெறுப்பாகவும் இருக்கின்றன. உதாரணமாக: ஒரு ஒலிக்கவட்டைத் தட்டினால் அதனால் ஏற்படும் ஒலி காதிற்கு இனிமையாகவிருக்கின்றது. சாவிக்கொத் தைக் குலுக்கினால் உண்டாகும் ஒலி காதிற்கு வெறுப்பைக் கொடுக்கின்றது. இவை இரண்டிற்கும் காரணம் என்ன வெனில் இனிமையான ஒலி காதில் விழும்பொழுது ஏற்படும் அதிர்ச்சி தொடராக ஏற்பட்டு நம்முடைய காதுகளிலிருக்கும் (Drum Skin) டிரம்ஸ்கின் என்று சொல்லப்படும் மெல்லிய தோலைக் கிரமப்படியும், ஒரே நிதானமாகவும் அசைப்பதனால் அந்த உணர்ச்சி ஏற்படு கின்றது. வெறுப்பான ஒலியினால் உண்டாகும் அதிர்ச்சி கிரமமாகவும், ஒரே நிதானமாகவும் ஏற்படாமல் கண்ட படி காதிலிருக்கும் தோலை அசைக்கச் செய்வதால் நமக்கு வெறுப்பைக் கொடுக்கின்றது. நாம் எப்படிப் படர்ந்தெரியும் விளக்கை உற்றுப்பார்க்க முடியவில்லையோ அதுபோலவே வெறுப்பான ஒலியையும் காதுகளால் கேட் கக்கூடவில்லை. ஆகையால் ஒலி இனிமையாக இருக்க வேண்டுமென்றால் அதற்குக் காரணமாயுள்ள அதிர்ச்சி கிரமப்படி ஏற்படவேண்டுமென்றும் அப்பொழுதுதான் காதிலிருக்கும் தோல் கிரமப்படி அசைந்து இனிமையான உணர்ச்சியைக் கொடுக்கும் என்றும் அறியலாம்.

கிரமப்படி காற்றில் அதிர்ச்சி ஏற்படுவதற்கு பொருள் களின் அசைவும் கிரமப்படியிருக்கவேண்டும். இப்பொழுது கீழ்க்கண்ட பரிசோதனையை எடுத்துக்கொள்வோம். ஒரு நூலில் ஒரு கன உருண்டையைக் கட்டித் தொங்கவிட்டு அதன் நுனியை ஒரு ஸ்டாண்டில் கட்டி இருப்பதை 3-ம் படத்தில் காணலாம். அந்தக் கருவிக்கு (Simple Pendulum) ஸிம்பிள் பெண்டுலம் என்று பெயர். அசைவு இல்லாமல்

இருக்கும்பொழுது உருண்டையானது 4-ம் படத்தில் A என்று போடப்பட்டிருக்கும் நடு இடத்திலிருக்கும். அந்த



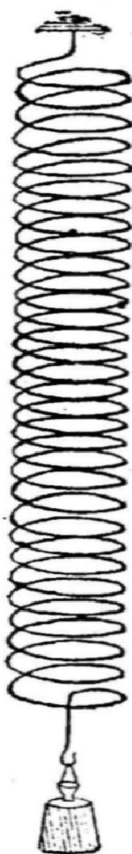
பெண்டுலம்.
படம் 3

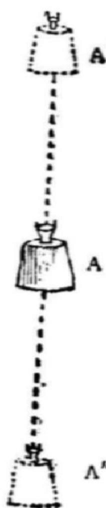


பெண்டுலம் ஆடும் விதம்.
படம் 4

உருண்டையைச் சற்று பக்கத்தில் A' என்று போடப் பட்டிருக்கும் அளவு வரையில் இழுத்துவிட்டு உருண் டையைப் பக்கத்திலிருந்து பார்க்கும்பொழுது முன்னும் பின்னுமாகப் போவதைக் கவனிக்கலாம். அந்த அசைவை உற்றுநோக்கிப் பார்த்தால் கிரமப்படி ஒரே நிதானமாக

முன்னும் பின்னுமாகப் போய்க்கொண்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அவ்வாறு ஏற்படும் அசைவிற்கு வைபரேஷன் அல்லது துடிப்பு என்று சொல்லப்படும். அதுபோலவே ஏற்படும் அசைவுக்கு மற்றொரு உதாரணத்தைக் கவனிப்போம். இவ்விடம் காணப்படும் 5-ம் படத்தை உற்று நோக்கிப் பார்த்தால் அதில் ஒரு (Spring) விற்சுருள் ஒரு பிடிப்பிலிருந்து தொங்கவிட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அதன் நுனியில் ஒரு எடைக்கல் சேர்க்கப்பட்டிருக்கிறது. அந்தக் கல்லை சற்று கீழே இழுத்து விட்டு விட்டால் கல் மேலும் கீழுமாகக் கிரமப்படி ஒரே நிதானமாகப்போய்க்கொண்டிருக்கும். இரண்டு உதாரணங்களிலும் A', A'' என்று எல்லைகள் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன. முதல் சொன்ன உதாரணத்தில் உருண்டை A'-லிருந்து A''-க்கு வந்து மறுபடியும் A'-க்கு வந்தவுடன் ஒரு துடிப்பு பூர்த்தி ஆகிவிட்டது என்று சொல்லப்படும். அதே மாதிரியாக இரண்டாவது சொன்ன உதாரணத்தில், கல் A''லிருந்து மேலே A'-க்குப் போய் மறுபடியும் கீழே A''-க்கு வந்தவுடன் ஒரு துடிப்பு ஆகிவிட்டது என்று சொல்லப்படும். இம் மாதிரியாக உருண்டையும், கல்லும் துடித்துக்கொண்டேயிருக்கும். இவ்வாறு ஒரு விநாடிக்கு ஏற்படும் துடிப்புகளை ஒரு கடிகாரத்தை வைத்துக்கொண்டு கண்டுபிடித்துவிடலாம். இந்த எண்ணிக்கைக்கு (Vibration Number) வைபரேஷன் நம்பர்



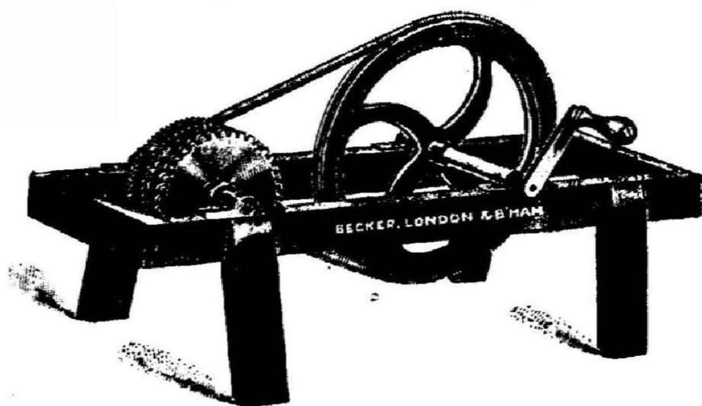


விற்சுருளும் எடையும்
படம் 5

அல்லது துடிப்பு எண் என்று சொல்லப்படும். இரண்டு உதாரணங்களிலும் A என்று போடப்பட்டிருக்கும் இடத்திலிருந்து A' அல்லது A'' என்று போடப்பட்டிருக்கும் இடத்திற்கு இடையே உள்ள தூரம் (Amplitude) ஆம்பிளிடியூட் அல்லது வீச்சு சொல்லப்படும். இதில் மற்றொரு விஷயத்தையும் கவனிக்கவேண்டும். இரண்டு உதாரணங்களிலும் உருண்டையும் கல்லும் துடித்துக்கொண்டிருக்கும்போது நேரம் செல்லச்செல்ல வீச்சு குறைவதைப் பரீக்ஷைசெய்து தெரிந்துகொள்ளலாம். ஆனால் வீச்சு குறைவாக ஆவதால் துடிப்பு எண் குறைவாகிறதில்லை என்று சோதனையினால் அறிந்துகொள்ளலாம். ஒலிக்கவட்டைத் தட்டிவைத்தால் அதனால் உண்டாகும் ஒலி இனிமையாக இருப்பதைப் பரீக்ஷை மூலமாகத் தெரிந்துகொண்டோம். அந்த ஒலிக்கவட்டின் இரண்டு கட்டைகளும் பெண்டுலம் எவ்வாறு துடிக்கின்றதோ அதுபோலவே துடித்து ஒலியைக் கொடுக்கின்றன. ஒலி உண்டாகும்பொழுது அதை உற்றுநோக்கிப் பார்த்தால் கட்டைகள் அசைவது நன்றாகத் தெரியும். அவ்வாறு கட்டைகள் துடிக்கும்போது காற்றில் அதிர்ச்சியை உண்டுபண்ணுகின்றது. அந்த அதிர்ச்சி பரவி நம் காதுகளில் மோதுவதால் ஒலியைக் கேட்கிறோம். ஒலிக்கவடு ஒரு வினாடிக்கு எவ்வளவு துடிப்புகள் செய்கின்றதோ அவ்வளவு தடவை காற்றிலும் அதிர்ச்சி ஏற்பட்டு நம்முடைய காதுகளிலிருக்கும் (Drum Skin) டிரம்ஸ்கின் என்னும் தோலை அவ்வளவு தடவை அசைக்கச் செய்யும். அதன் பொருட்டு அந்த ஒலியினுடைய சுருதியை நாம் உணருவோம். பல துடிப்பு எண்கள் போட்ட ஒலிக்கவடுகளை எடுத்துக்கொண்டு அவைகள் ஒவ்வொன்றையும் தட்டி மேஜையின் மீது அமுக்கினால் துடிப்பு எண் அதிகமாக ஒலிக் கவட்டிலிருந்து வரும் ஒலியின் சுருதியும் அதிகமாவதைப் பரீக்ஷையினால் அறியலாம். இதிலிருந்து ஒலி உண்டுபண்ணும் கருவியின் துடிப்பு எண் அதனால் ஏற்படும் ஒலியின் சுருதியை நிர்ணயம் பண்ணுகின்றது என்று அறிகிறோம்.

தவிர ஒலிக்கவட்டின் கட்டைகளைப் பலமாக அடித்து மேஜையின்மீது அதன் அடிபாகத்தை அமுக்கினுல் முழக்கம் அதிகமாக இருப்பதையும் மெதுவாக அடித்து வைக்கும்பொழுது முழக்கம் குறைவாக இருப்பதையும் கவனிக்கலாம். அதாவது கட்டைகளின் வீச்சு அதிகமாக இருந்தால் முழக்கம் அதிகமாகவும், குறைவாக இருந்தால் முழக்கம் குறைவாகவும் இருக்கின்றது என்பதுதான் கருத்து, ஆகையால் நாம் கேட்கும் ஒலியின் சுருதிக்கு ஒலியை உண்டுபண்ணும் கருவியின் துடிப்பு எண் காரண மாயிருக்கிறதென்றும், ஒலியினுடைய முழக்கத்துக்கு துடிப்பின் வீச்சு காரணமாக விருக்கிறதென்றும் நாம் நன்ருக அறியலாம்.

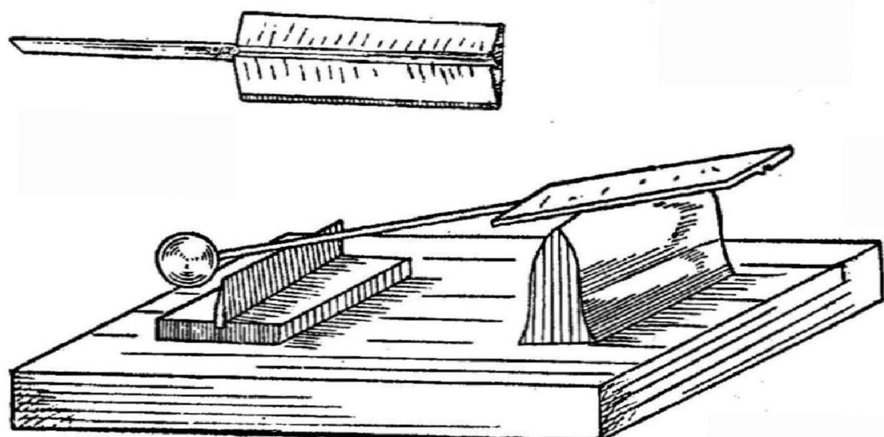
ஒலி இனிமையாகவிருக்கவேண்டுமென்ருல் பதார்த் தங்களின் அசைவினுல் காற்றில் ஏற்படும் அதிர்ச்சி கிரமப்படி இருக்கவேண்டுமென்பதுதான் முக்கிய கருத்து. எவ்வாறு அம்மாதிரி அதிர்ச்சிகளைக் காற்றில் உண்டுபண் ணலாம் என்பதற்குக் கீழ்க்கண்ட சில உதாரணங்களைக்



பற்சக்கரக் கருவி
படம் 6

கவனிப்போம். 6-ம் படத்தில் காணப்படும் கருவியை உற்று நோக்கிப்பார்த்தால் பற்கள் உள்ள சக்கரங்கள் ஒரே துண் டிலிணைக்கப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அது சுழலும்

பொழுது ஏதாவது ஒருசக்கரத்தின்பற்களில் எப்பொழுதும் படும்படி ஒரு கெட்டிக் காகிதத்தை வைத்துக்கொண்டிருந் தால் டக் டக் என்று ஓசை கேட்பதைக் கவனிக்கலாம். அவ் வாறு ஒவ்வொரு டக் டக்என்று சப்தம் ஏற்படும்பொழுதும் காற்றில் அதிர்ச்சி உண்டாகிப் பரவுகிறது. சக்கரத்தை வேகமாகச் சுற்றினால் இம்மாதிரி ஏற்படும் அதிர்ச்சிகள் அதிகமாகி இனிமையான ஒலியாக மாறுவதையும் கவ னிக்கலாம். அந்த ஒலியின் சுருதியும் அதிகமாகிக்

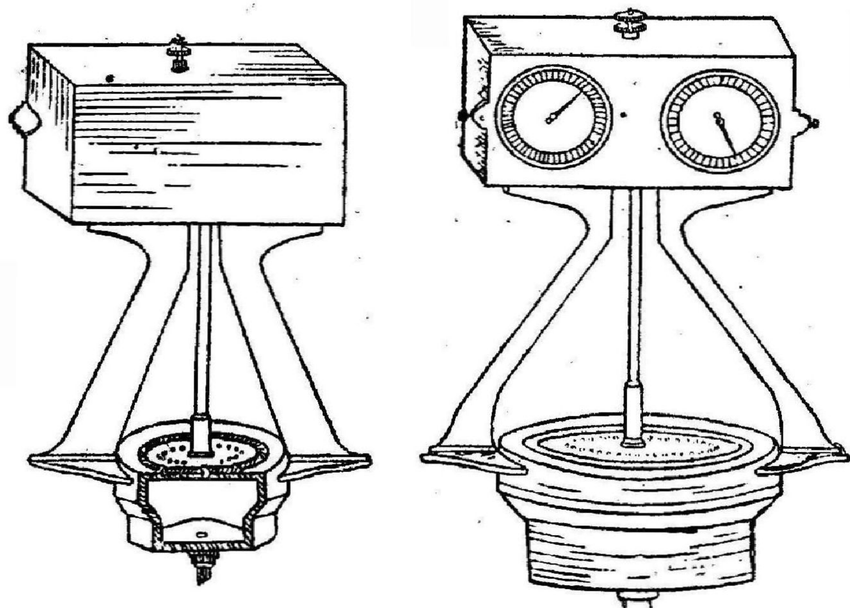


டிரெவிலியன் ராக்கர்

படம் 7

கொண்டே வரும். ஒரே விதானமாக சுழற்றிக்கொண் டிருந்தால் அப்பொழுது உண்டாகும் ஒலியின் சுருதி மாரு மல் கேட்கும். ஒரு விஞடிக்கு எவ்வளவு தடவைகள் சுழலுகின்றது என்று கண்டுபிடித்து, அதை சக்கரத்தி லுள்ள பற்களின் எண்ணிஞல் பெருக்கி வருகின்ற தொகை எவ்வளவோ, அது துடிப்பு எண்ணை குறிக் கும். மற்ருெரு உதாரணத்தைக் கவனிப்போம். 7-ம் படத்தில் காணப்படும் கருவிக்கு (Trevelyn Rocker) ட்ரெ விலியென் ராக்கர் என்று பெயர். ஈயத்துண்டின் மேலும்

மற்ருெரு சிறிய சாய்மானத்தின்பேரிலும் கைப்பிடியுடன் சேர்க்கப்பட்ட பட்டையான துண்டு ஒன்றைப் படுக்க வைத்திருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அது (Rocker) ராக்கர் என்று சொல்லப்படும். அதைப் புரட்டிப்பார்த்தால் அதன் வயிற்றின் நடுமத்தியில் அதன் நீள முழுவதும்

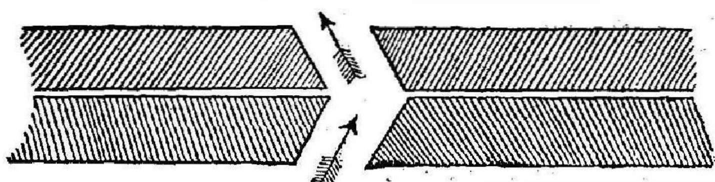


ஸைரன்

படம் 8

ஒரு குழிவு இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். குழிவின் பக்கங்களுக்குப் பித்தளையினுல் விளிம்புகள் இயற்றப்பட்டிருக்கின்றன. இந்தக் கருவியை நன்ருகச் சூடுசெய்து ஈயத் துண்டின்மேல் வைத்தவுடன் ஒரு இனிமையான ஒலி காதில் விழுவதைக் கவனிக்கலாம். சூடு பண்ணுமல் முதலில் ராக்கரை ஈயத்துண்டின்மேல் வைத்திருக்கும் பொழுது பித்தளை விளிம்புகள் இரண்டும் நன்ருகப் படிந்து கொண்டிருக்கும். உஷ்ணப்படுத்தி வைத்தவுடன் இரண்டு விளிம்புகளும் ஒரேகாலத்தில் படிந்திராது. மாறிமாறி

ஈயத்துண்டைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும். அவ்வாறு ஏற்படுவதனால் எவ்வெப்பொழுது மாறுகின்றதோ, அவ்வப்பொழுது, டக் டக் என்று சப்தம் ஏற்படுகின்றது. அவைகள் ஒரு விநாடிக்கு அநேகம் தடவைகள் ஏற்படுவதனால் இனிமையான ஒலியாக மாறி நம்முடைய காதுகளில் விழுகின்றது. இன்னும் ஒரு உதாரணத்தைப் பார்ப்போம். 8-ம் படத்தில் காணப்படும் கருவிக்கு (Siren) ஸைரென் என்று பெயர் சொல்லப்படும். அதன் அமைப்பை உற்றுநோக்கினால் பித்தளையினால் செய்யப்பட்ட பாத்திரம் ஒன்று இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அந்த பாத்திரத்தின்மேல் மூடப்பட்டிருக்கும் தகட்டில்



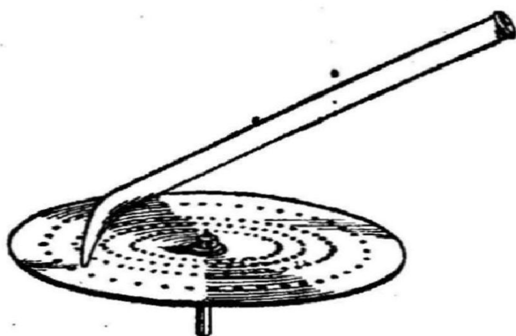
படம் 9

சிறு துவாரங்கள் இருக்கின்றன. அவைகள் ஒரு வட்டமான கோட்டின்மேல் இருக்கின்றன. துவாரங்கள் நேராகஇல்லாமல் சரிவாகத் துளைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அந்தப் பாத்திரத்திற்கு அடியில் ஒரு குழாய் சேர்க்கப்பட்டிருக்கிறது. அதன் மூலமாக அந்த பாத்திரத்திற்குள் காற்றை அனுப்பலாம். அந்தப் பாத்திரத்தின் மேல் மூடியின் மீது மட்டமாக மற்றொரு தகடு சுழலுவதைக் கவனிக்கலாம். அது மேலேயிருந்துவரும் கனத் துண்டின் அடிப்பாகத்தோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அந்தத் தகட்டிலும் மூடியில் உள்ளதுபோல் துவாரங்கள் இருக்கின்றன. அவைகளும் செங்குத்தாகவிராமல் சரிவாகவிருக்கின்றன. ஆனால் இவைகளினுடைய சரிவானது மூடியிலிருக்கும் துவாரங்களினுடைய சரிவுக்கு எதிராக இருக்கின்றது. இதை 9-ம் படத்திலிருந்து காணலாம். இந்தத் தகட்டிலும்

மூடியில் எவ்வளவு துவாரங்கள் இருக்கின்றனவோ அவ்வளவு துவாரங்கள் இருக்கின்றன. பாத்திரத்தின் அடியிலிருக்கும் குழாயின் வழியாக காற்றை அனுப்பினால் மேல் தகட்டிலிருக்கும் துவாரங்களும் மூடியிலிருக்கும் துவாரங்களும் மிட்டமாக இருக்கும்பொழுது பாத்திரத்திலிருந்து காற்று வெளியே வரும். அப்படிக் காற்று வெளிவரும்பொழுது மேல்தகட்டை மோதிக்கொண்டு வருவதால் மேல்தகடு சுழலும். அப்படிச் சுழலும்பொழுது மேல்தகட்டிலிருக்கும் துவாரங்களும் மூடியிலிருக்கும் துவாரங்களும் நேராக இல்லாமல் இடம் மாறிவிடுகிறபடியால் காற்று வெளிவருவதற்குத் தடை ஏற்படும். மறுபடி துவாரங்கள் ஒன்றுக்கொன்று நேராக வரும்பொழுது காற்று வெளிவரும். இம்மாதிரியாக எப்பொழுது துவாரங்கள் ஒன்றுக்கொன்று நேராக வருகின்றதோ அப்பொழுது காற்று குப் குப் என்று வெளியே வரும். இரண்டிலும் 12 துவாரங்கள் இருக்குமானால் தகடு ஒரு சுற்றுச் சுற்றினால் 12 தரம் குப் குப் என்று காற்று வெளிவரும். காற்றை வேகமாக அனுப்புவித்தால் தகடு வேகமாகச் சுழன்று குப் குப் என்பது ஒரு விநாடிக்கு அதிகமாக ஏற்படும். அப்பொழுது குறைந்த சுருதியுள்ள ஒலி உண்டாகும். தகடு வேகமாகச் சுற்றச் சுற்ற அதன் சுருதியும் அதிகமாக ஆவதைக் கவனிக்கலாம். ஒரு விநாடிக்கு எவ்வளவு முறை சுழலுகின்றது என்பதைச் சுலபமாகக் கண்டுபிடிக்க ஸாதனம் அதில் இயற்றப்பட்டிருக்கின்றது. ஒரே நிதானமாக சுழன்றுகொண்டிருந்தால் அப்பொழுது ஏற்படும் ஒலியின் சுருதி மாறாமலிருந்துகொண்டிருக்கும். தகட்டிலிருக்கும் துவாரங்களின் எண்ணை ஒரு விநாடியில் தகடு எவ்வளவு தரம் சுற்றுகின்றதோ அந்த எண்ணினால் பெருக்கி வருகிற தொகை அப்பொழுது ஏற்படும் ஒலியின் சுருதியைக் கொடுக்கும்.

ஸைரனின் மற்றொரு வகையை 10-ம் படத்தில் காணலாம். இதிலுள்ள தகட்டில் ஒரு வட்டத்தின்மீது இருக்கு

மாறு துளைகள் செதுக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஒரு கண்ணாடிக் குழாய் மூலம் காற்றை ஊதி அக்காற்று துளையின் மூலம் வெளிவருமாறு செய்யலாம். இந்நிலையில் தகட்டை சுழற்றினால் வெளி வரும் காற்று பீறலுக்கு தடை ஏற்படும். தகட்டில் வட்டத்தின் மீது 96 துளைகள் போடப்பட்டிருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். தகடு ஒரு விஞடிக்கு 10 சுற்றுகள் சுற்றும்போது காற்று பீறலுக்கு ஒரு விஞடிக்கு 960 தடவை தடை ஏற்பட்டு அதற்கு தகுந்த ஓர் ஒலி உண்டாகும். துளைகளின் எண்ணிக்கையை மாற்றுவதனுலும், சுழலும் வேகத்தை மாற்றுவதனுலும் சுருதியை வேறுபடுத்தலாம்.



சல்லடை ஸைரன்
படம் 10

கேள்விகள்

1. ஒலிக்குக் காரணம் பதார்த்தங்களின் அசைவு என்று உதாரணங்களுடன் கூறுக.

2. ஒலி ஒரு இடமிருந்து மற்ருெரு இடத்திற்குச் செல்ல மூன்று வகைப் பதார்த்தங்களும் சாதனமாக இருக்கின்றன என்பதற்கு உதாரணங்கள் கூறி விளக்கி எழுதவும்.

3. ஒலி ஒரு இடத்திலிருந்து மற்ருெரு இடத்திற்குச் செல்ல நேரம் பிடிக்கின்றது என்று சொல்லப்படுகின்றது. இதை நீ ஒப்புக்கொள்ளுவாயா ? ஏன் ?

4. ஒலிகளில் சில இனிமையாகவும், சில வெறுப்பாகவும் இருக்கின்றன. இதன் காரணம் என்ன ?

3

5. ஸிம்பிள் பெண்டுலும் என்ற கருவியின் அமைப்பைப் படத்தில் காட்டி, அதன் துடிப்பு, வீச்சு இவை இரண்டையும் படத்திலிருந்து விளக்கிக் காட்டுக. துடிப்பு எண் என்றால் என்ன? அதை எப்படி ஸிம்பிள் பெண்டுலத்திற்குக் கண்டு பிடிப்பாய்?

6. பிட்சு (சுருதி) என்றால் என்ன? அது எதைப் பொருத்து இருக்கின்றது. சுருதிக்கும், வீச்சுக்கும் சம்பந்த முண்டா? வீச்சை மாற்றுவதால் சப்தம் எவ்வாறு மாறுதல் அடைகின்றது?

7. காற்றில் கிரமப்படி அதிர்ச்சி ஏற்படுவதனால் இனிமை யான ஒலி உண்டாகின்றது என்பதை விளக்கிக் காட்ட இரண்டு சோதனைகளை விவரித்து எழுதுக.

8. ஸைரனின் அமைப்பைப் படத்தில் காண்பித்து அதன் ஒவ்வொரு பாகத்தின் உபயோகத்தை விவரித்து எழுதுக.

9. கீழ்க் கண்டவைகளைப்பற்றி உனக்குத் தெரிந்தவற்றை எழுதுக:

1. டிரெவிலியன் ராக்கர். 2. பல் சக்கரம். 3. வைப ரேஷன். 4. சல்லடை ஸைரன்.

அத்தியாயம் 2

(Waves) அலைகள்

*[அலைகளினால் சப்தம் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்லுகின்றது—நீரில் ஏற்படும் அலைகள்—நெளிந்த அசைவு—அலைகள் தொடராகப் பரவுவதற்கு உற்பத்தி ஸ்தானத்தில் அதிர்ச்சி கிரமப்படி ஏற்படவேண்டும்—அலைகள் செல்லும் பொழுது துகள்களின் அசைவு ஏற்படும் விதம்—அலையின் நீளம், உயரம், அமைப்பு—மூன்றுவகைப் பதார்த்தங்களிலும் அலைகள் ஏற்படலாம்—***(Transverse waves)*** டிரான்ஸ்வெர்ஸ் அலைகள் அல்லது குறுக்கலைகள்—***(Longitudinal waves)*** *லான்ஜிடியூடினல் அலைகள் அல்லது நெட்டலைகள்—ஒலி அலைகள் நெட்டலைகள்—***(Progressive waves)*** *ப்ரோகிரஸிவ் அலைகள் அல்லது தொடர்ந்து செல்லும் அலைகள்—***(Stationary waves)*** *ஸ்டேஷனரி அலைகள் அல்லது நிலையாயிருக்கும் அலைகள்—இவைகளைக் காட்ட ஒரு பரிசோதனை.]*

ஒலியானது பதார்த்தங்களை சாதனமாகக்கொண்டு ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குப் பரவுகின்றது என்பதை முன்பு பார்த்தோம். அதாவது ஒலி காற்றிலும், தண்ணீரிலும், கட்டிப்பொருளிலும் பரவி ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்லுகின்றது. எவ்வாறு செல்லுகின்றது என்பதைப் பற்றி விசாரிக்க வேண்டும். ஒலிக்குக் காரணமாய் உள்ள பொருள் அசையும்பொழுது உண்டாகும் அதிர்ச்சியினால்- காற்றிலோ, தண்ணீரிலோ, கட்டிப்பொருளிலோ அலைகள் உண்டாகி அந்த அலைகள் பரவுவதினால் சப்தம் பரவுகின்றது என்று கருதப்படுகின்றது. ஆகையால் அலைகள் எப்படி ஏற்படுகின்றனவென்றும், அவைகளின் குணாதிசயங்களையும் தெரிந்துகொள்ளவேண்டியது அவசியமாகிறது. சமுத்திரத்தில் உண்டாகும் அலைகளை அனைவரும் பார்த்திருக்க

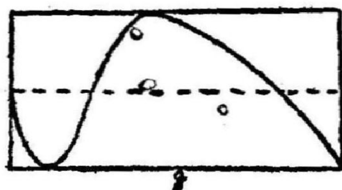
லாம். அவைகளை உற்று நோக்கிப்பார்த்தால் சில இடங்களில் நீர் குவிந்தும், சில இடங்களில் நீர் தாழ்ந்தும் இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். தவிர அவ்வாறு ஏற்படும் வளைவானது கரையைநோக்கி வருவதைக் கவனிக்கலாம். உயர்ந்த பாகத்திற்கு (Crest) முகடு என்றும், தாழ்ந்திருக்கும் பாகத்திற்குப் (Trough) அகடு என்றும் சொல்லப்படும். ஒரு முகடை அடுத்தாற்போல் ஒரு அகடும், இவ்வாறு மாறி மாறி இருப்பதையும் கவனிக்கலாம். ஒரு முகடும் அகடும் சேர்ந்து அலை (Wave) என்று சொல்லப்படும். அவ்வாறு ஏற்படும் அலைகளை சமுத்திரத்தில் மட்டுமல்ல, குளக்கரையிலும் காணலாம். தண்ணீரில் ஒரு சிறு கல்லை போட்டமாத்திரத்தில் அந்த இடத்தைச் சுற்றி வட்டமான அலைகள் நாலா பக்கங்களிலும் பரவுவதை கவனிக்கலாம். அலைகள் சிறிது தூரம் சென்றவுடன் மறைந்துவிடும் அலைகள் எப்பொழுதும் உண்டாகிப் பரவிக்கொண்டு இருக்கவேண்டுமென்றால் ஒன்றின்மேலொன்றாகக் கற்களைப் போட்டுக்கொண்டே யிருக்கவேண்டும். அவ்வாறு அலைகள் பரவும்பொழுது, கற்கள் விழுந்துகொண்டிருக்கும் இடத்திலிருந்து நீர் மற்றொரு இடத்திற்குப் பரவாமல் ஒருவிதமான நெளிந்த அதிர்ச்சிமட்டும் பரவுவதைக் காணலாம். அந்த நெளிந்த அசைவைத்தான் அலை என்று சொல்லுகிறோம். கற்கள் விழுந்துகொண்டிருக்கும் இடத்திலிருந்து சிறிது தூரத்தில் ஒரு மெல்லிய கட்டை மிதப்பதாக வைத்துக்கொள்ளுவோம். அலைகள் பரவும்பொழுது அது இருந்த இடத்திலேயே அமுங்கி எழுந்திருப்பதைக் கவனிக்கலாம். நாம் ஒரு வினாடிக்கு எவ்வளவு கற்கள் போடுகிறோமோ அவ்வளவு தடவைகள் அந்த கட்டையும் அமுங்கிக் கிளம்பிக்கொண்டிருக்கும். எந்த இடத்தில் இந்த கட்டையைப் போட்டாலும் அவ்வாறே அமுங்கிக் கிளம்பிக்கொண்டிருப்பதையும் கவனிக்கலாம். இதிலிருந்து அலைகள் அதிர்ச்சி ஏற்படுமிடத்திலிருந்து கிளம்பிப் பரவும் பொழுது ஒவ்வொரு இடத்திலிருக்கும் நீர்த்துளிகளும் மேலும் கீழுமாக அசைவதினால் அலைகள் ஒரு இடத்தி

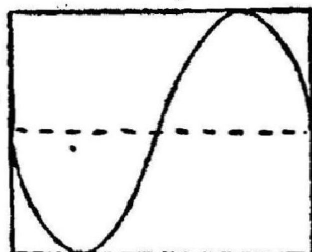
விருந்து மற்றொரு இடத்திற்குப் பரவுகின்றது என்று ஊகிக்கலாம். அலையின் அமைப்பைப் படத்தில் காண்பிக்கவேண்டுமென்றால் இவ்விடம் காணப்படுவதுபோல் வரையவேண்டும். A, B என்று போடப்பட்டிருக்கும் நேர்க்கோட்டிற்கு (Level line) லெவல் லயின் என்று சொல்லப்படும்.

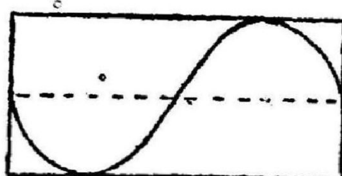


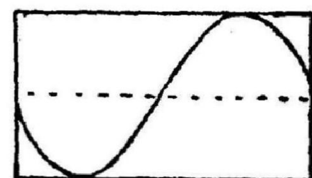
அலை இக்கோட்டுக்கு ஒரு பக்கத்தில் உயர்ந்தும் மற்றொரு பக்கத்தில் தாழ்ந்தும் இருக்கின்றது. உயர்ந்த பாகம் (Crest) முகடு என்றும், தாழ்ந்த பாகம் (Trough) அகடு என்றும் சொல்லப்படும். கோட்டில் முகடின் ஆரம்பம் முதல் அகடின் முடிவு வரையில் உள்ள தூரம் அலையின் நீளம் என்று சொல்லப்படும், அதாவது A, B என்று போடப்பட்டிருக்கும் நேர்க்கோட்டின் தூரம் அலையின் நீளத்தைக் குறிக்கும். நேர்க்கோட்டிலிருந்து முகடு அல்லது அகடு எவ்வளவு உயரமாகவோ அல்லது தாழ்வாகவோ இருக்கின்றதோ அதற்கு வீச்சு என்று சொல்லப்படும். முகடு, அகடு இவற்றின் அமைப்பைக்கொண்டு அலையின் சுயரூபத்தைத் தீர்மானப்படுத்தலாம். எப்படி ஒரு கட்டையினுடைய பரிமாணத்தைக் குறிக்கும்பொழுது அதன் நீளம், அகலம், உயரம் இவற்றைச் சொல்லுகிறோமோ அதுபோலவே ஒரு அலையைக் குறிக்கும்பொழுது அதன் நீளம், வீச்சு, அமைப்பு இவைகளைச் சொல்லவேண்டும் 11-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கும் அலைகள் (a, b, c) மூன்றும் நீளத்தில் மட்டும் வேறாக இருக்கின்றன. (d, e, f) என்ற மூன்று அலைகளும் நீளத்திலும், அமைப்பிலும் ஒன்றாக இருக்கின்றன. ஆனால் உயரத்தில் மாறுதல் அடைந்திருக்கின்றன. (g, h, i) என்ற மூன்று அலைகளும் அமைப்பில் மட்டும் வேறாக இருக்கின்றன.

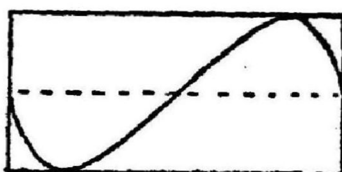
அலைகள் நீரில் மட்டும் அல்ல மற்ற பதார்த்தங்களிலும் பரவுவதைப் பார்க்கலாம். உதாரணமாக ஒரு நீளக் கயிற்றை எடுத்துக்கொண்டு அதன் ஒரு நுனியைக்

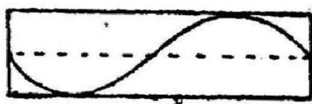




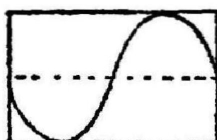


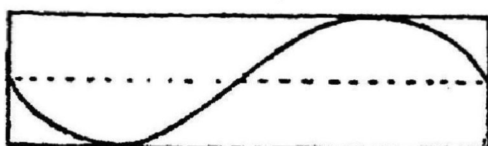












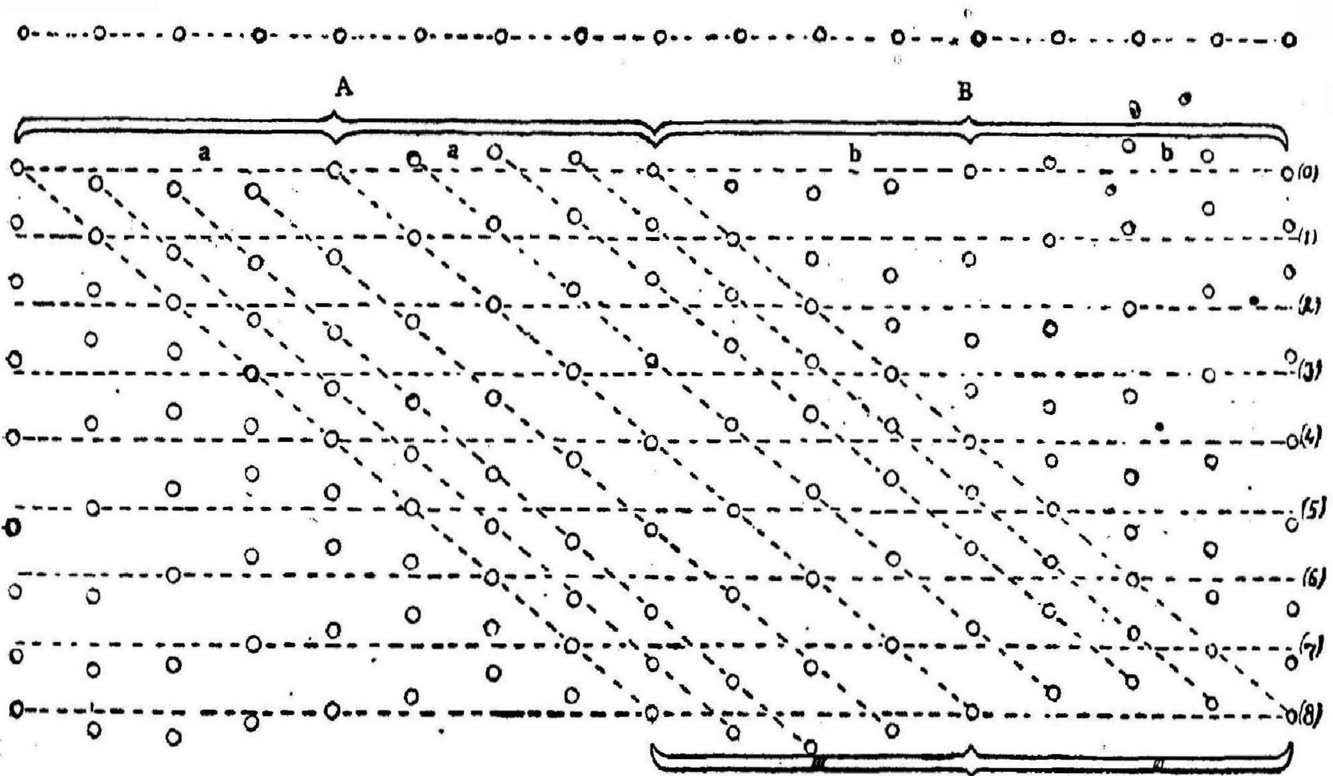
அலையின் பல்வேறு தோற்றங்கள்

படம் 11

கையில் பிடித்துக்கொண்டு சற்று முன்னும் பின்னுமாக அசைத்துக்கொண்டேயிருந்தால் கயிற்றில் அலைகள் பரவு வதைக் கவனிக்கலாம். நீளக் கம்பளியை உதறும்பொழுது

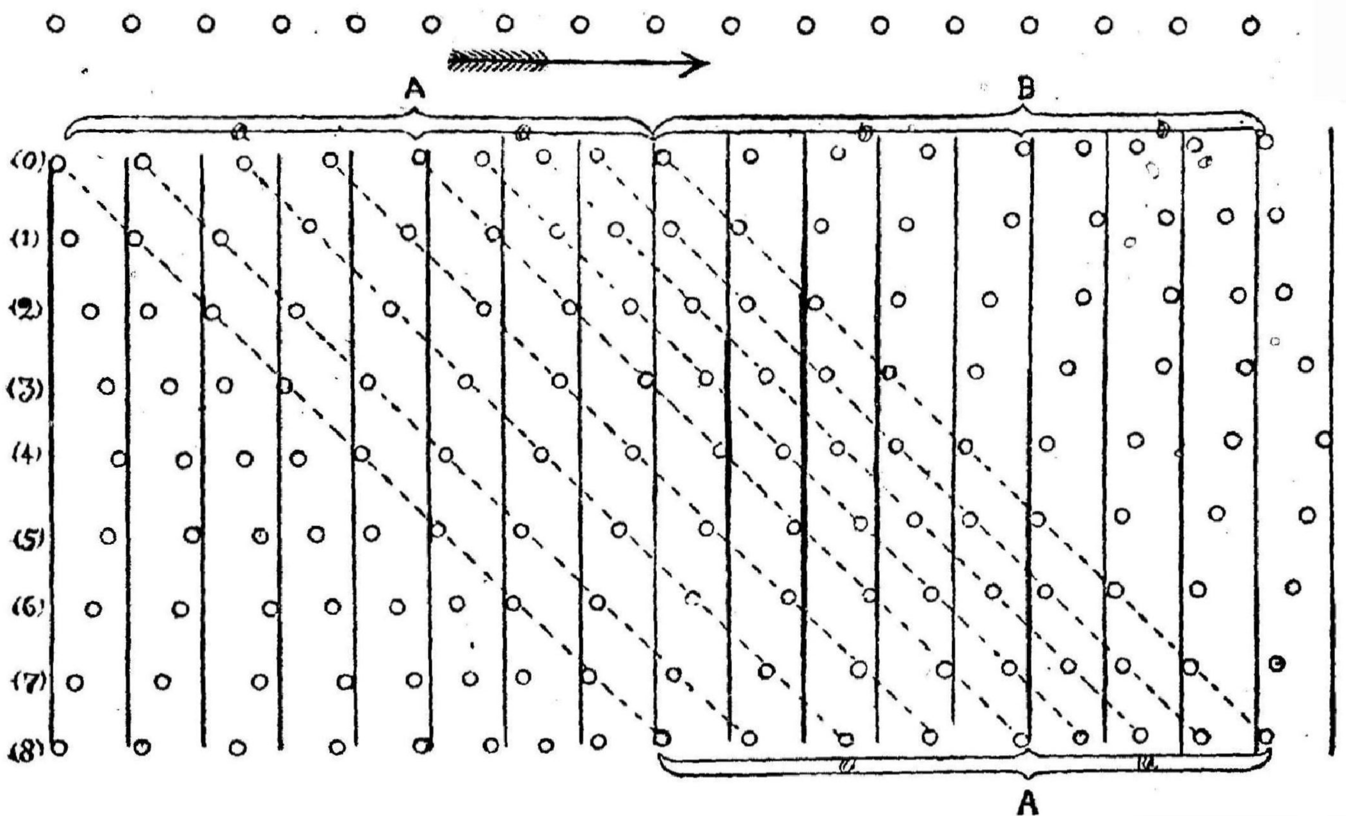
அலைகள் உண்டாகி அதில் பரவுவதை எல்லோரும் கவனித்திருக்கலாம். நீரிலோ, அல்லது கயிற்றிலோ ஓயாமல் அலைகள் தொடராகப் போய்க்கொண்டேயிருக்கவேண்டுமென்றால் அலைகள் ஆரம்பிக்குமிடத்தில் கிரமப்படி அசைவு, அதாவது துடிப்பு ஏற்பட்டுக்கொண்டேயிருக்கவேண்டும். இதை நன்றாக விளக்கிக்காட்டக் கீழ்க்கண்ட உதாரணத்தை எடுத்துக்கொள்ளுவோம். 12-ம் படத்தில் காட்டப்படும் முதல் வரிசையில் 17 புள்ளிகள் இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அலைகள் இடது பக்கமிருந்து வலது பக்கத்திற்குப் பரவுவதாக வைத்துக்கொள்வோம். இரண்டு அலைகள் செல்லும்பொழுது 0 என்ற வரிசையில் புள்ளிகள் உள்ளதுபோல் பொருள்களின் துகள்கள் காணப்படும். அதற்கு அப்புறம் ஒவ்வொரு அரைக்கால் துடிப்புக்கு உண்டான காலம் கழிந்தபிறகு புள்ளிகள் இருக்கும்மாதிரி குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றது. 8 என்று போடப்பட்டிருக்கும் வரிசை 0 என்று போடப்பட்டிருக்கும் வரிசையைப்போலிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். இரண்டிற்கும் இடையே உள்ள காலத்தில் ஒவ்வொரு புள்ளியும் ஒவ்வொரு துடிப்பு செய்தாகிவிட்டது என்பதைக் காணலாம். பூஜ்யம் என்று போடப்பட்டிருக்கும் வரிசையின் முதல் புள்ளியில் அகடு ஆரம்பிக்கின்றது. அந்த அகடு 8 என்று போடப்பட்டிருக்கும் வரிசையில் ஒரு அலையின் நீளம் முன்னேறிச்சென்றிருப்பதைப் படத்தில் காணலாம். ஆகையால் ஒரு புள்ளி ஒரு துடிப்பு முடிக்கும் காலத்தில் ஒரு அலை பரவுகின்றது என்று ஊகிக்கலாம். விடாமல் அலைகள் இடதுபுறமிருந்து வலதுபுறம் செல்லுமானால், ஒவ்வொரு புள்ளியும் விடாமல் துடித்துக் கொண்டிருக்கும். ஒரு வினாடியில் எவ்வளவு துடிப்புகள் ஏற்படுகின்றனவோ அவ்வளவு அலைகள் ஒரு வினாடியில் பரவும். தவிர, அலையின் வீச்சு புள்ளிகளின் துடிப்பு வீச்சை ஒட்டியிருக்கின்றது என்பதை படத்திலிருந்து காணலாம். மற்றும் ஒரு வினாடியில் புள்ளிகள் அதிக துடிப்புகள் இயற்றுமானால் அலைகளின் நீளம் குறைவாக

படம் 12. துறுக்கலைகளின் போக்கை விளக்கும் படம்.

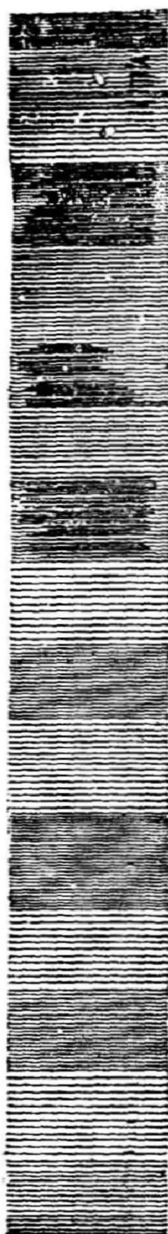
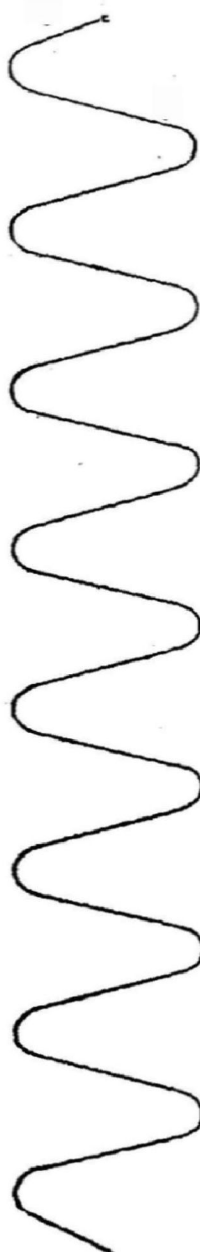


வும், குறைவாக துடிப்புகள் இயூற்றுமானால், அலைகளின் நீளம் அதிகமாகவும் இருக்கும். அலையின் நீளத்தைப் புள்ளிகளின் துடிப்பு எண்ணிக்கையினால் பெருக்கிவரும் தொகை எப்பொழுதும் ஒன்றாக இருக்கும். அந்த எண் அலையின் வேகத்தைக் குறிக்கும். அலைகளில் குறுக்கலைகள் நெட்டலைகள் என்று இரண்டு வகை உண்டு. முற்கூறிய உதாரணத்தில் கூறப்பட்ட அலைகள் குறுக்கலைகள் ஆகும். ஏனெனில் அம்மாதிரி அலைகள் பதார்த்தங்களில் செல்லும் பொழுது பதார்த்தங்களின் துகள்கள் அலைகள் பரவுகிற மார்க்கத்திற்கு செங்குத்தாக துடித்து அதிர்ச்சியைப் பரவச்செய்யும். அலைகள் பரவுகிற மார்க்கத்திலேயே துகள்களின் அசைவு ஏற்பட்டால் அம்மாதிரி அலைகளுக்கு நெட்டலைகள் என்று பெயர். அறுவடையாகுமுன் நெற் பயிர்களை உற்றுநோக்கினால் இம்மாதிரி அலைகள் பரவு வதைக் கவனிக்கலாம். காற்று ஒரு பக்கமாக அடித்துக் கொண்டிருந்தால் பயிர்கள் சற்று முன்னும் பின்னுமாக அசைந்து அதனால் அலைகள் பரவுவதைக் காணலாம். அம்மாதிரி ஏற்படும் அலைகளை நெட்டலைகளுக்கு உதாரண மாகச் சொல்லலாம். புள்ளிகளின் உதவியைக்கொண்டு இவ்வகை அலைகளின் குணத்தைக் கவனிப்போம். 13-ம் படத்திலும் முதல் வரிசையில் 17 புள்ளிகள் இருக்கின்ற தைக் காணலாம். அவைகளின் இடைக்கிடையே உள்ள தூரம் எல்லாவற்றிற்கும் ஒன்றாக இருப்பதைக் காண லாம். இடதுபுறமிருந்து வலது புறத்திற்கு அலைகள் செல்வதாக வைத்துக்கொள்ளுவோம். அம்மாதிரி இரண்டு அலைகள் செல்லும்பொழுது, பூஜ்யம் என்று போடப் பட்டிருக்கும் வரிசையிலுள்ளவாறு புள்ளிகள் அமைந் திருக்கும். ஒவ்வொரு புள்ளியும் அதற்காக உள்ள கட்டத்தினிடையே சற்று முன்னும் பின்னுமாக அசை வதினால் அலைகள் இடதுபுறமிருந்து வலது புறத்திற்குச் செல்லும். பூஜ்யம் என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் வரிசையில் முதல் புள்ளி முன்பு செல்லும் தருணத் திலிருக்கிறது. அதுபோலவே அதே வரிசையில் ஒன்ப

படம் 13. நெட்டலைகளின் போக்கை விளக்கும் படம்.



தாவது புள்ளியும் இருப்பதைக் காணலாம். அந்த வரிசையை உற்றுப்பார்த்தால், முதல் புள்ளியிலிருந்து ஐந்தாம் புள்ளி வரையிலும், இடைக்கிடையே விசாலமாகவும், ஐந்தாம் புள்ளிமுதல் ஒன்பதாம் புள்ளிவரையில் நெருக்கமாகவும் இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். நெருக்கமாக இருக்கும் இடத்தை முகடிற்கும், விசாலமாகவிருக்குமிடத்தை அகடிற்கும் ஒப்பிடலாம். அவைகள் (Condensation) அடர்த்தி என்றும் (Rarefaction) தளர்த்தி என்றும் சொல்லப்படும். எப்படி ஒரு முகடும் அகடும் சேர்ந்து ஒரு குறுக்கு அலை என்று சொல்லுகிறோமோ, அதுபோலவே ஒரு அடர்த்தியும் தளர்த்தியும் சேர்ந்தது ஒரு நெட்டலை என்று சொல்லப்படும். பூஜ்யம் என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் வரிசையிலிருந்து எட்டு என்று போடப்பட்டிருக்கும் வரிசைவரையில் ஒவ்வொரு அரைக்கால் துடிப்புக்கு உண்டான காலம் கழிந்தபின் உள்ள புள்ளிகளின் ஸ்தானங்கள் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன. எட்டு என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் வரிசையிலுள்ள புள்ளிகள் பூஜ்யம் என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் வரிசையிலிருந்து ஒரு துடிப்புக்கு உண்டான காலம் கழிந்தபின் உள்ள ஸ்தானங்களைக் குறிக்கின்றன. அதற்குள் அலையும் தன் நீளம் முன்பாகப் போயிருப்பதைப் படத்தில் கவனிக்கலாம். குறுக்கு அலைகளுக்குப் பார்த்ததுபோல் இவ்விடமும் துகள்கள் ஒரு துடிப்பு முடித்ததும் அலை தன்னளவு நீளம் முன்னேறிச் செல்லுகின்றது என்று தெரிகின்றது. ஆனால் குறுக்கு அலைகள் பதார்த்தங்களில் செல்லுங்கால் துகள்கள் பரவுகிற மார்க்கத்திற்கு செங்குத்தாக அசைகின்றதென்றும் நெட்டலைகள் பதார்த்தங்களில் செல்லுங்கால் துகள்கள் பரவுகிற மார்க்கத்திலேயே அசைகின்றன என்ற வித்தியாசத்தை நினைவில் வைக்கவேண்டும். இந்த வித்தியாசத்தைத் தவிர மற்ற குணங்கள் இரண்டு விதமான அலைகளுக்கும் ஒன்றுதான். இரண்டு விதங்களையும் 14-ம் படத்தில் காண்பித்திருப்பதைக் கவனிக்கவும். இந்த இரண்டுவித அலைகளும்

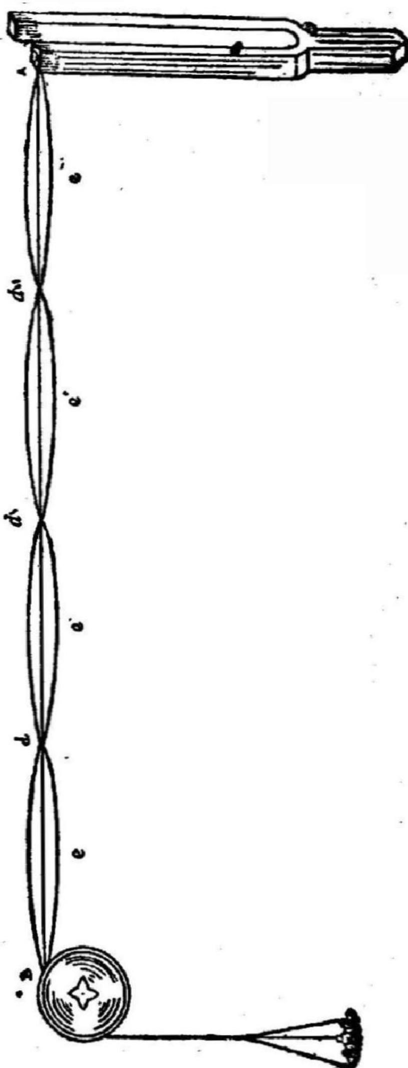



படம் 14. நெட்டலைகள், குறுக்கலைகள் என்ற இருவகை அலைத் தொடர்களை காண்பிக்கும் படம்.

கனபதார்த்தத்தில் செல்லும். ஆனால் காற்றில் நெட்டலைகள் மட்டும்தான் பரவும். எனவே பொருள்கள் காற்றில் துடிக்கும் பொழுது காற்றில் அதிர்ச்சி ஏற்பட்டு, அந்த அதிர்ச்சி நெட்டலைகளாக காற்றில் பரவி நம்முடைய காதுகளில் மோதுவதனால் நமக்கு ஒலியினுடைய உணர்ச்சி ஏற்படுகின்றது என்று அறியலாம்.

மேலே சொன்ன வகைகளைத் (Progressive Waves) தொடர்ந்து கொண்டிருக்கும் அலைகள், என்று குறிப்பிடப்படும். இவற்றை தவிர (Stationary Waves) நிலையாயிருக்கும் அலைகள் என்று மற்றொரு வகுப்பு உண்டு. ஒவ்வொரு வகுப்பிலும் நெட்டலைகளும் உண்டு. குறுக்கலைகளும் உண்டு. 15-ம் படத்தில் காணப்

படுவது போல் ஒரு இசைக்கவட்டின் கட்டையில் சுமார் 3 கஜம் நீளமுள்ள பட்டை நூலின் ஒரு நுனியைக் கட்டி மற்றொரு நுனியில் ஒரு தராசுத் தகடு ஒன்றைக் கட்டி ஒரு சகடையின் மூலம் தொங்கவிடவும். அந்தத் தகட்டில் ஏதாவது சில எடைக் கற்களைப் போட்டுக் கொண்டு இசைக் கவடைத் தட்டினால் அந்த நூலில் அலைகள் தோன்றுவதைக் காணலாம். நூலைச் சற்று உற்றுப்பார்த்து அது எவ்வளவு கண்டங்களாக (Loops) அசைந்து கொண்டிருக்கின்றது என்பதை எண்ணி விடலாம். இம்மாதிரி நூலில் ஏற்படும் அலைகள் தொடர்ந்து செல்லாமல் இருந்த இடத்திலேயே யிருப்பதால் அவைகளுக்கு நிலையாயிருக்கும் அலைகள் என்று பெயர். தவிர அவைகளைப் பார்க்கும்பொழுது நூலில் சில இடங்களில் அசைவேயில்லாமலிருப்பதையும், சில இடங்களில் அசைவு அதிக



படம் 15. நிலையாயிருக்கும் அலைகள்.

மாக இருப்பதையும் கவனிக்கலாம். அசையா இடங்களுக்கு (Nodes) முடிகள் என்றும் அதிகமாக அசையும் இடங்களுக்கு (Antinodes) எதிர்முடிகள் என்றும் பெயர் சொல்லப்படும். இரண்டு முடிகள் அல்லது இரண்டு எதிர்முடிகள் இவற்றின் இடையிலுள்ள தூரம், அலையின் நீளத்தில் பாதியைக் குறிக்கிறது. B, d, d′, d″, A என்ற இடங்கள் முடிகள் என்ற அசைவில்லாத இடங்கள். e, e′, e″, e‴, என்ற இடங்கள் எதிர்முடிகள்.

கேள்விகள்

10. நீரில் அலைகள் செல்லுங்கால் நீர் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்லாமல் ஒரு விதமான நெளிந்த அசைவுமட்டிலும் செல்லுகின்றது என்று எவ்வாறு கூறுவாய்?

11. அலையின் நீளம், உயரம், அமைப்பு இம்மூன்றும் என்ன என்பதைப் படங்களுடன் விவரித்து எழுதுக.

12. **(Transverse Waves)** குறுக்கலைகள், நெட்டலைகள் **(Longitudinal Waves)** என்றால் என்ன? இவைகளின் வித்தியாசம் யாது?

13. புள்ளிகளின் உதவியைக்கொண்டு துகள்கள் ஒரு துடிப்பு முடிக்கும் காலத்தில் குறுக்கு அலைகளோ அல்லது நெட்டலைகளோ தன்னளவு நீளம் முன்னேறி செல்லுகின்றது என்பதை விளக்கிக்காட்டுக.

14. காற்றில் ஏற்படும் ஒலி அலைகள் எந்த வகையைச் சேர்ந்தன? அதன் போக்கைப் படத்தில் காண்பிக்கவும்.

15. நிலையாயிருக்கும் அலைகளை **(Stationary Waves)** காண்பிக்க ஒரு பரிசோதனையை விவரித்து எழுதுக.

16. கீழ்க்கண்டவைகளைப்பற்றி உனக்குத் தெரிந்தவற்றை எழுதுக :—

(1) முகடும் அகடும்.

(2) அடர்த்தியும் தளர்த்தியும்.

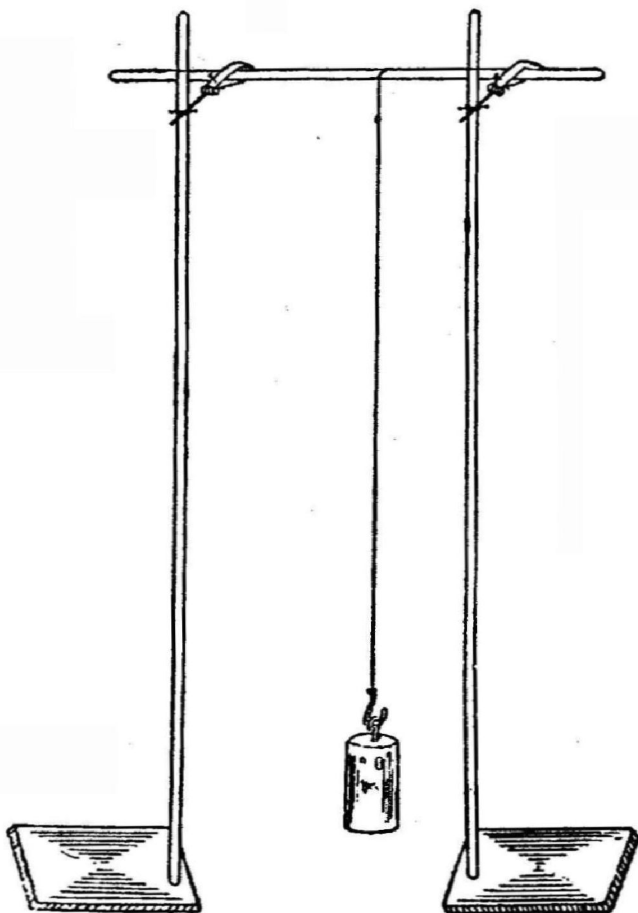
(3) முடிகளும் எதிர்முடிகளும்.

அத்தியாயம் 3

(Vibration of Strings) கம்பிகளின் அசைவு

[தனிக் கம்பியின் அசைவினால் காற்றில் ஏற்படும் அதிர்ச்சி குறைவாகவிருக்கும் என்ற கருத்தை விளக்கிக்காட்ட எடுத்துக் கொண்டிருக்கும் சோதனை—இசைக்கவடுடன் இணைக்கப் பட்ட பெட்டியின் உபயோகம்—கம்பி வாத்தியங்களுக்கு ஸவுண்டு பாக்ஸ் அவசியமானது—மானோகார்டு • அல்லது ஸோனாமிடர் என்ற கருவியின் அமைப்பு—கம்பிகளின் அசைவைப் பொருத்த அடிப்படையான விதிகள்—கம்பி ஒரு கண்டமாகவோ அல்லது பல கண்டங்களாகவோ அசையக்கூடும் என்பதற்குக் காரணம்—ஒரு கண்டம், இரண்டு கண்டங்கள், மூன்று கண்டங் கள் இவ்வாறாக அசையும்பொழுது துடிப்பு எண்ணும் ஒரு மடங்கு, இரண்டு மடங்கு, மூன்று மடங்கு ஆக ஆகின்றது என்ற கருத்து—பரிவார சுருதிகள், விம்மல்கள், ஸோனாமிடரினால் சுருதி நிர்ணயம் செய்வது எப்படி?]

கம்பிகளின் அசைவை ஆதாரமாகக்கொண்ட வாத்தி யங்கள் அநேகமிருக்கின்றன. அந்த வாத்தியங்களிலிருந்து உண்டாகும் ஒலிகளின் சுருதி எவ்வாறு கம்பிகளினுடைய நீளம், பிகு, மொத்தம் இவைகளைப் பொருத்திருக்கின்றன என்பதை அறியவேண்டும். ஒரு கம்பி அசைந்து சப்தம் செய்யவேண்டுமென்றால், அதை இரண்டு நுனிகளிலும் இரண்டு பிடிப்பில் கட்டவேண்டும். அவ்வாறு கட்டப் பட்ட கம்பியை மீட்டினால் ஒலி ஏற்படும். ஆனால் அப் பொழுது ஏற்படும் ஒலி பலம் குறைந்ததாக இருக்கும். ஏனெனில் அந்தக்கம்பி அசையும்பொழுது சுற்றியுள்ள காற்றில் உண்டாகும் அலைகளின் வீச்சு குறைவாக இருக் கும்.வீச்சு குறைவாக இருந்தால் சப்தத்தின் முழக்கமும் குறைவாயிருக்கும். இதை நன்றாக நிரூபிக்கக் கீழ்க்கண்ட பரிசோதனையைப் பார்ப்போம். 16-ம் படத்தில் காணப்படு வதுபோல் இரண்டு ஸ்டாண்டுகளுக்கு இடையே ஒருகுச்சி



ஸ்வுண்டுபாக்ஸ் உதவி அன்னியில் துடிக்கும் கம்பி
படம் 16

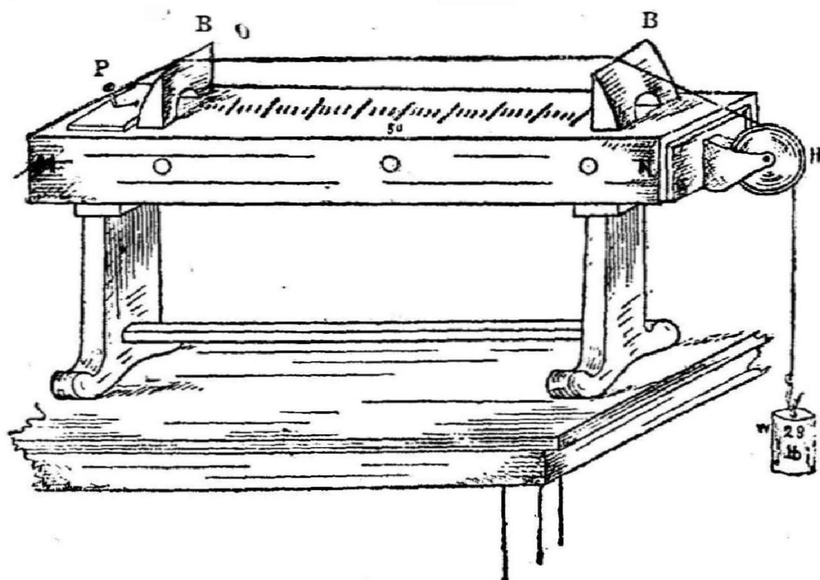
யைக் கெட்டியாக அமைத்து அதிலிருந்து சுமார் ஒரு கஜம் நீளமுள்ள ஒரு கம்பியைத் தொங்கவிடவேண்டும். அதன் மற்றொரு நுனியில் பாரமான எடைக்கல் ஒன்றைக் கட்டி அந்தக் கம்பியை துடிக்க செய்யச் செய்தால், அப்பொழுது மிகவும் க்ஷீணமான ஒலி உண்டாவதைக் கவனிக்கலாம். அந்தக் கம்பியை எவ்வளவு விஸ்தாரமாக மீட்டியபோதி லும் ஒலி அதிகமாக ஏற்படவில்லை என்பதையும் தெரிந்து

கொள்ளலாம். இதன் காரணம் என்ன? கம்பி துடிக்கும்போது காற்றில் ஏற்படும் அதிர்ச்சி மிகவும் குறைவாயிருக்கும். ஏனெனில் கம்பி அசைக்கக்கூடிய காற்று மிகவும் குறைவாயிருக்கும். அதனால்தான் சப்தம் அதிகமாகக் கேட்கவில்லை. மற்றொரு சோதனையை செய்து இதைத் தெரிந்துகொள்ளலாம். 17-ம் படத்தில் காணப்படும் பெட்டியில் இணைக்கப்படாத ஒரு இசைக்கவடை எடுத்துக்கொண்டு அதைத் தட்டிக் கையில் வைத்துக் கொண்டால், அதிலிருந்து உண்டாகும் ஒலியை நாம் கேட்கக்கூடவில்லை. ஆனால் அதன் அடிப்பாகத்தை மேஜையின் மீதோ அல்லது ஏதாவது ஒரு அகலப் பலகையின்மீதோ அழுக்கினால் ஒலி கணீர் என்று கேட்பதைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். ஏனெனில், முதலில் இசைக்கவடு அசைந்துகொண்டிருக்கும் பொழுது அதன் கட்டைகளின் பரப்பு குறைவாயிருப்பதால் அது அசைக்கச் செய்யும் காற்றும் குறைவாயிருக்கின்றது. அதனால்தான் நாம் முதலில் அதன் ஒலியைக் கேட்கக்கூடவில்லை. அதன் அடிப்பாகத்தை மேஜையின்மேல் பொருத்திவைத்தபொழுது அதிர்ச்சி மேஜையின்மீது இறங்கி மேஜை அதிர்ச்சியைக் காற்றுக்குக் கொடுப்பதால் அதிகமான அசைவு காற்றில் ஏற்பட்டு ஒலி அதிகமாகக் கேட்கின்றது. அதனால் தான் இசைக்கவடுகள் அவற்றிற்கு தகுந்த (Sound Box) ஸவுண்ட் பாக்ஸ் களில் இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. கம்பி வாத்தியங்கள் எல்லாவற்றிலும்



பெட்டியில்
இணைக்கப்படாத
இசைக்கவடு
படம் 17

கம்பியினுல் ஏற்படும் சப்தத்தை அதிகப்படுத்த சாதனங்கள் இயற்றப்பட்டிருக்கின்றன. அவைகளைப் பின்பு நன்ருகக் கவனிப்போம்.



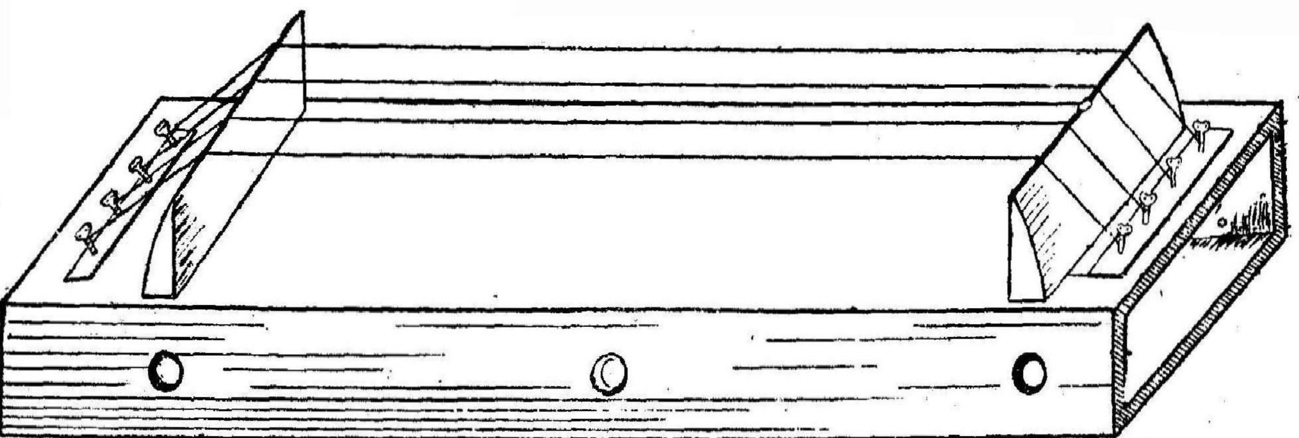
மானேகார்டு என்னும் கருவி

படம் 18

கம்பிகளின் அசைவினுல் உண்டாகும் ஒலியின் சுருதி எவ்வாறு கம்பிகளின் நீளம், பிகு, மொத்தம் இவைகளை யொட்டியிருக்கின்றது என்பதை அறிய 18-ம் படத்தில் காணப்படும் கருவியின் அமைப்பை முதலில் அறியவேண்டும். அதற்கு (Monochord) மானேகார்டு என்று பெயர். **M N** என்ற ஒரு நீளப்பெட்டியின் மேல்மூடியில் இரண்டு கோடிகளிலும் B B என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்ற இரண்டு குதிரைகள் (Bridges) அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். B என்ற குதிரைக்குச் சமீபத்தில் P என்ற ஒரு முளை (Peg) யிருப்பதைக் காணலாம். மற்ருெரு குதிரைக்குச் சமீபத்தில் ஒரு சகடை இணைக்கப்

பட்டிருக்கிறது. முளையில் ஒரு கம்பி கட்டப்பட்டு அது இரண்டு குதிரைகளின் மேலும் தாவிச் சகடையின் வழியாகத் தொங்குவதைக் கவனிக்கலாம். பிகுவாகத் தொங்குவதற்கு நுனியில் ஒரு பாரமான எடைக்கல் கட்டப்பட்டிருக்கின்றது. அந்தப் பெட்டி மெல்லிய பலகையினால் செய்யப்பட்டிருக்கின்றது. அந்தப் பெட்டியினுள்ளேயிருக்கும் காற்றுக்கும் வெளியிலிருக்கும் காற்றுக்கும், சம்பந்தம் இருப்பதற்காக இரண்டு பக்கப் பலகைகளிலும் துவாரங்கள் செய்யப்பட்டிருக்கின்றன. அந்தப் பெட்டி இரண்டு கால்களினால் நிற்பதையும் கவனிக்கலாம். பெட்டியின் மேல் மூடியில் கம்பியின் நீளத்தை அளக்கும் பொருட்டு அளவுகோல் (Scale) ஒன்று அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. ஒரு கம்பியுடன் இருந்தால் அந்தக் கருவியை மானோகார்டு என்று சொல்லப்படும். நாலு ஐந்து கம்பிகளும் அவ்வாறு கட்டப்படுவதற்கு சாதனங்கள் இயற்றப்பட்டிருக்கிற கருவிகளும் உண்டு. இவைகளைக் கொண்டு சுருதி நிர்ணயம் செய்வதால் அவைகளை ஸோனோமீட்டர் (Sonometer) என்றும் சொல்லுவது உண்டு. எல்லாக் கம்பிகளையும் எடைக் கற்களைக் கட்டித் தொங்க விடுவதற்கு இடம் வசதியில்லாமையால் அதற்குப் பதிலாக இரண்டு குதிரைகளின் பக்கங்களிலும் முளைகள் வரிசையாக அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அதை 19-ம் படத்திலிருந்து அறியலாம். ஒரு பக்கத்து முளையிலிருந்து மற்றொரு பக்கத்து முளைக்குக் கம்பி இணைக்கப்படும். ஒரு பக்கத்து முளையைத் திருகுவதினால் கம்பியினுடைய பிகுவை அதிகப்படுத்தவோ குறைக்கவோ முடியும்.

கம்பியை மீட்டினவுடன் கணீர் என்று ஒலி காதில் விழுவதைக் கேட்கலாம். கம்பி அசையும்போது அதனால் ஏற்படும் அதிர்ச்சி இரண்டு குதிரைகளின் வழியாக இறங்கிப் பெட்டிக்கு வந்து அதிலிருந்து காற்றில் பரவுகின்றது. பெட்டியின் பரப்பு அதிகமாக இருப்பதாலும், பெட்டியின் பலகை மெல்லியதாயிருப்பதாலும், கம்பியி



ஸோனமீட்டர் என்னும் கருவி

படம் 19

னுடைய அதிர்ச்சியை வாங்கி அதிகமான காற்றுக்குக் கொடுப்பதால் சப்தம் அதிகமாகக் கேட்கிறது. கம்பி முழுவதையும் அசைக்கச் செய்யலாம். அல்லது அசையும் கம்பியின் நீளத்தைக் குறைக்கவோ, அதிகப்படுத்தவோ முடியும். அதற்கு மற்றொரு குதிரையின் உதவி வேண்டும். கம்பியில் ஒரே பிகுவை வைத்துக்கொண்டு நீளத்தைக் குறைத்துக்கொண்டு கம்பியை மீட்டிவந்தால், அப்பொழுது உண்டாகும் ஒலியின் சுருதி அதிகமாவதைக் கவனிக்கலாம். அதே மாதிரியாகக் கம்பியின் நீளத்தை அதிகப்படுத்தி மீட்டிக்கொண்டே வந்தால் ஒலியின் சுருதி குறைந்துகொண்டே வருவதைக் கவனிக்கலாம். தவிர சுருதி, நீளம், இவை இரண்டிற்கும் உள்ள கணக்கியல் சம்பந்தத்தைக் திருத்தமாக அறியலாம். முழு நீளத்தை வைத்துக்கொண்டு மீட்டினுல் அப்பொழுது கேட்கும் ஒலியின் சுருதியை கவனித்து கம்பியின் நீளத்தை மற்றொரு குதிரையின் உதவியைக்கொண்டு சரிபாதியாகச் செய்து, அப்பொழுது மீட்டினுல் உண்டாகும் ஒலியின் சுருதி முதலில் கேட்ட சுருதிக்கு மேல்ஷட்ஜமாகக் கேட்பதை அறியலாம். சுருதி இரட்டிப்பாக ஆகவேண்டுமென்ருல் துடிப்பு என்ணும் இரட்டிப்பாக ஆகவேண்டுமென்று முன்பே பார்த்திருக்கிருேம். ஆகையால் கம்பியின் நீளத்தை சரிபாதியாகச் செய்தவுடன் முதலில் ஏற்பட்ட துடிப்பு எண்ணில் இரண்டு மடங்காக துடிப்பு எண் ஆகிறதென்றும், அதனுல் மேல் ஷட்ஜத்தைக் கேட்கிருேம் என்றும் அறியலாம். அதுபோலவே கம்பியின் நீளத்தை மூன்றில் ஒரு மடங்காகச் செய்து குறைந்த பாகத்தை மீட்டியவுடன் கேட்கும் ஒலியின் சுருதி முதலில் கேட்ட ஒலியின் சுருதியைக்காட்டிலும் மூன்று மடங்காகக் கேட்பதைக் கவனிக்கலாம். அதே மாதிரியாகக் கம்பியின் நீளத்தை நான்கில் ஒரு மடங்காக செய்து மீட்டினுல் உண்டாகும் ஒலியின் சுருதி முதலில் கேட்ட ஒலியின் சுருதிக்கு நான்கு மடங்காக இருப்பதை கவனிக்கலாம். ஒரே பிகுவுள்ள ஒரு கம்பியின் நீளத்திற்கும் அதன்

துடிப்பினால் ஏற்படும் ஒலியின் சுருதிக்கும் இம்மாதிரி உள்ள தொடர்பு கம்பியின் அசைவைப் பொருத்த முதல் விதி என்று சொல்லப்படும்.

கம்பியின் நுனியில் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும் எடைக்கல்லின் நிறையை அதிகப்படுத்தி, கம்பியை மீட்டிக்கொண்டே வந்தால் கேட்கும் ஒலியின் சுருதி அதிகமாகிக்கொண்டே வருவதையும் கவனிக்கலாம். அதாவது எடையை அதிகப்படுத்தினால் கம்பியின் துடிப்பு எண் அதிகமாகவும், எடையைக் குறைத்துக்கொண்டே வந்தால், கம்பியின் துடிப்பு எண் குறைவாகவும் ஆகின்றது என்பது தான் கருத்து. முதலில் ஒரு பவுண்டு கல்லைக் கட்டித் தொங்கவிட்டு முழுக்கம்பியையும் மீட்டினால், அப்பொழுது அதற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட துடிப்பு எண் இருக்கும். அதனால் உண்டாகும் ஒலியின் சுருதியை மனதில் வாங்கிக்கொண்டு ஒரு பவுண்டுக்குப் பதிலாக நாலு பவுண்டு கற்களைக் கட்டித் தொங்கவிட்டுக் கம்பியை மீட்டினால், அப்பொழுது ஏற்படும் ஒலியின் சுருதி முதலில் கேட்ட ஒலியின் சுருதியைக் காட்டிலும் இரண்டு மடங்காகவிருப்பதைக்கவனிக்கலாம். இப்பொழுது கம்பியின் துடிப்பு எண் முதலிலிருந்ததைக் காட்டிலும் இரட்டிப்பாக ஆகிவிட்டது. அதுபோலவே கம்பியின் சுருதியை முதலில் இருப்பதைக் காட்டிலும் மூன்று மடங்காகச் செய்யவேண்டுமென்றால் எடையை ஒன்பது மடங்காகச் செய்யவேண்டும். ஒரே நீளமுள்ள கம்பியின் சுருதிக்கும் அதன் பிகுவிற்கும் இவ்வாறு உள்ள சம்பந்தம் கம்பியினுடைய அசைவைப் பொருத்த இரண்டாவது விதி என்று சொல்லப்படும்.

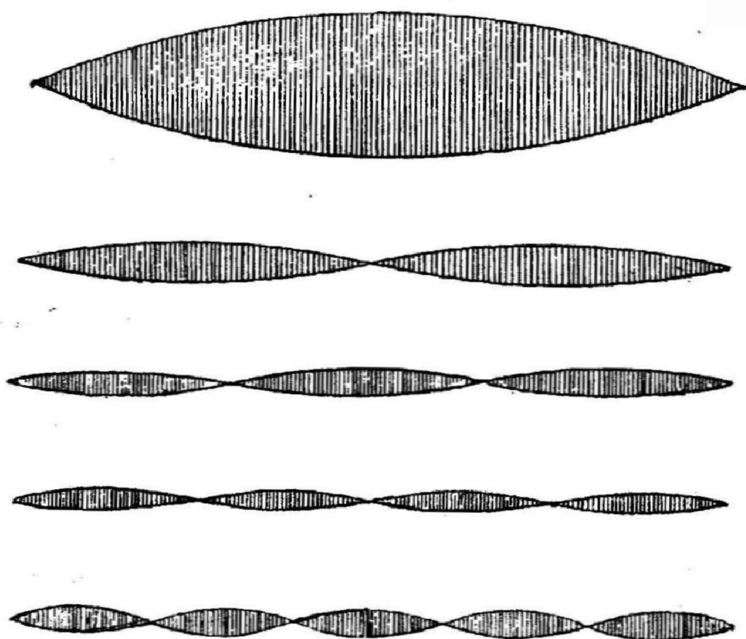
ஒரே பிகு, ஒரே நீளம் உள்ள இரண்டு ஸ்டீல் கம்பிகளை எடுத்துக்கொள்வோம். அவைகளில் ஒன்று மொத்தமாகவும் மற்றொன்று மெல்லியதாகவுமிருந்து, இரண்டையும் மீட்டினால் மெல்லிய கம்பியினுடைய ஒலியின் சுருதி மொத்தக் கம்பியினுடைய ஒலியின் சுருதியைக்காட்

டிலும் அதிகமாக் இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். உதாரண மாக, ஒரு கம்பியின் ஆரம் (Radius) மற்றொன்றின் ஆரத்தில் பாதியிருந்தால் ஆரம் குறைவாக உள்ள கம்பியின் சுருதி மற்றதைக்காட்டிலும் இரண்டு மடங்காக இருக்கின்றதைப் பரீக்ஷை மூலமாக அறியலாம். அதாவது, மெல்லியதாகவுள்ள கம்பியின் துடிப்பு எண் மற்ற கம்பியினுடைய துடிப்பு எண்ணைக் காட்டிலும் இரண்டு மடங்கு அதிகமாயிருக்கும். அதுபோலவே ஒன்றின் சுருதி மற்றொன்றின் சுருதியைக் காட்டிலும் மூன்று மடங்காக இருக்கவேண்டுமென்றால், முதல் கம்பியின் மொத்தம் இரண்டாவது கம்பியின் மொத்தத்தில் மூன்றில் ஒரு மடங்காயிருக்கவேண்டும். அப்பொழுது தான் முதல் கம்பியின் துடிப்பு எண் இரண்டாவது கம்பியின் துடிப்பு எண்ணைக்காட்டிலும் மூன்று மடங்கு அதிகமாயிருக்கும். இவ்வாறு உள்ள சம்பந்தம் கம்பியினுடைய அசைவைப் பொருத்த மூன்றாவது விதி என்று சொல்லப்படும்.

மற்றும் ஒரே பிகு, ஒரே நீளம், ஒரே மொத்தம் உள்ள இரண்டு வெவ்வேறு உலோக கம்பிகளை எடுத்துக்கொள்வோம். அவைகளில் ஒன்று ஸ்டீல் கம்பியாகவும் மற்றொன்று பித்தளைக் கம்பியாகவும் இருக்குமானால், இரண்டையும் மீட்டினவுடன் உண்டாகும் சப்தத்தில் ஸ்டீல் கம்பியின் சுருதி அதிகமாகவும், பித்தளைக் கம்பியின் சுருதி குறைவாகவும் இருப்பதைக் கவனிக்கலாம். இதிலிருந்து பிகு, நீளம், மொத்தம் இவை மூன்றையும் ஒன்றாக வைத்துக்கொண்டு (Density) திண்மையை அதிகப்படுத்தினால் சுருதி குறைவதையும் திண்மையைக் குறைத்தால் சுருதி அதிகமாவதையும் உணரலாம். அவ்வாறு பிகு, நீளம், மொத்தம், இவைகள் ஒன்றாயுள்ள இரண்டு விதமான கம்பிகளை எடுத்துக்கொள்ளும்போது ஒன்றின் சுருதி மற்றொன்றின் சுருதியைக் காட்டிலும் இரண்டு மடங்காக இருக்க வேண்டுமென்றால், முதல் கம்பியின் திண்மை மற்றொரு கம்பியின் திண்மையில் நாலில் ஒரு மடங்கா

யிருக்க வேண்டும். அது போலவே சுருதி மூன்று மடங்காக இருக்கவேண்டுமென்றால் முதல் கம்பியின் திண்மை இரண்டாவது கம்பியின் திண்மையில் ஒன்பதில் ஒன்று யிருக்கவேண்டும். இந்த சம்பந்தம் கம்பியின் அசைவைப் பொருத்த நான்காவது விதி என்று சொல்லலாம்.

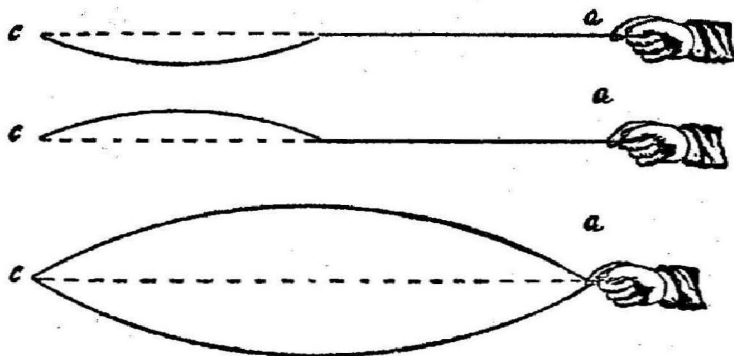
ஸோனோமீடரில் கம்பி துடிக்கும் பொழுது, கம்பி முழுவதும் ஒரு கண்டமாக அசைகின்றது. கம்பிகள் ஒரு கண்டம் அல்லது பல கண்டங்களாக துடிக்கலாம் என்பதைக் கவனிக்கவேண்டும். முன் அத்தியாயத்தில் நிலையாயிருக்கும் அலைகளை நிரூபிக்க எடுத்துக்கொண்ட சோதனையில் நூலில் கட்டித் தொங்கவிட்டிருக்கும் தராசுத் தட்டில் வைத்திருக்கும் நிறை கற்களை மாற்று



படம் 20

கம்பி அல்லது நூல் துடிக்கும்போது உண்டாகும் பல கண்டங்களை விளக்கும் படம்

வதால் நூலில் உண்டாகும் கண்டங்களின் எண்ணிக்கை மாற்றமுடியும் என்பதைப் பரீக்ஷை செய்து தெரிந்து கொள்ளலாம். அதாவது நூல் துடிக்கும் பொழுது ஒரு கண்டமாகவோ, பல கண்டங்களாகவோ அசையும்படி செய்யலாம் என்பதுதான் கருத்து. இதை 20-ம் படத்தி லிருந்து நன்ருக அறியலாம். எவ்வாறு அம்மாதிரிக் கம்பி களில் கண்டங்கள் ஏற்படுகின்றன என்பதை அறிய கீழ்கண்ட சோதனையை கவனிப்போம். நீள ரப்பர் குழாய் ஒன்றை எடுத்துக்கொண்டு, அதன் ஒருநுனியை c என்ற இடத்தில் ஒரு பிடிப்பில் கட்டி a என்ற மற்ருெரு நுனியை 21-ம் படத்தில் காணப்படுவதுபோல் கையில் பிடித்துக் கொண்டு, சற்று கீழ்புறமாகச் சொடுக்கினுல், ஒரு வளைவு உண்டாகி மற்ற நுனியை நோக்கிச்செல்லும். அந்த நுனி யை அடைந்தவுடன் அவ்விடமிருந்து திரும்பிக் கையை நோக்கிவரும். ஆனுல் இப்பொழுது மேல்புறமாக வளை



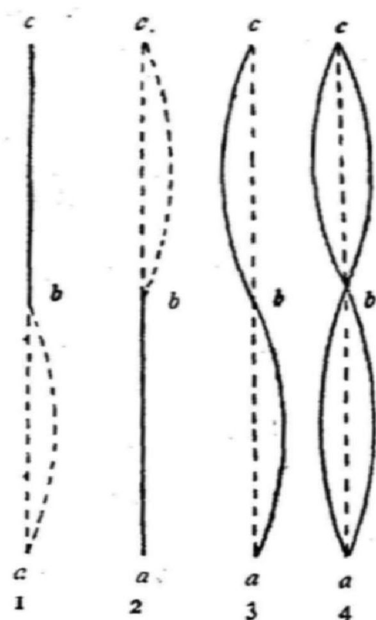
படம் 21

கண்டங்கள் உண்டாகும் விதத்தை விளக்கும் படம்

வுடன் வரும். இவை இரண்டையும் படத்தில் காணலாம். உதாரணமாகக் கையினுல் உற்பத்தி பண்ணப்படும் வளைவு, கட்டப்பட்ட நுனிக்குச்செல்ல ஒரு விஞடி நேரம் பிடிப்ப தாக வைத்துக்கொள்வோம். அரை விஞடியில் 22-ம் படத்தில் 1 என்ற இடத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பது

6

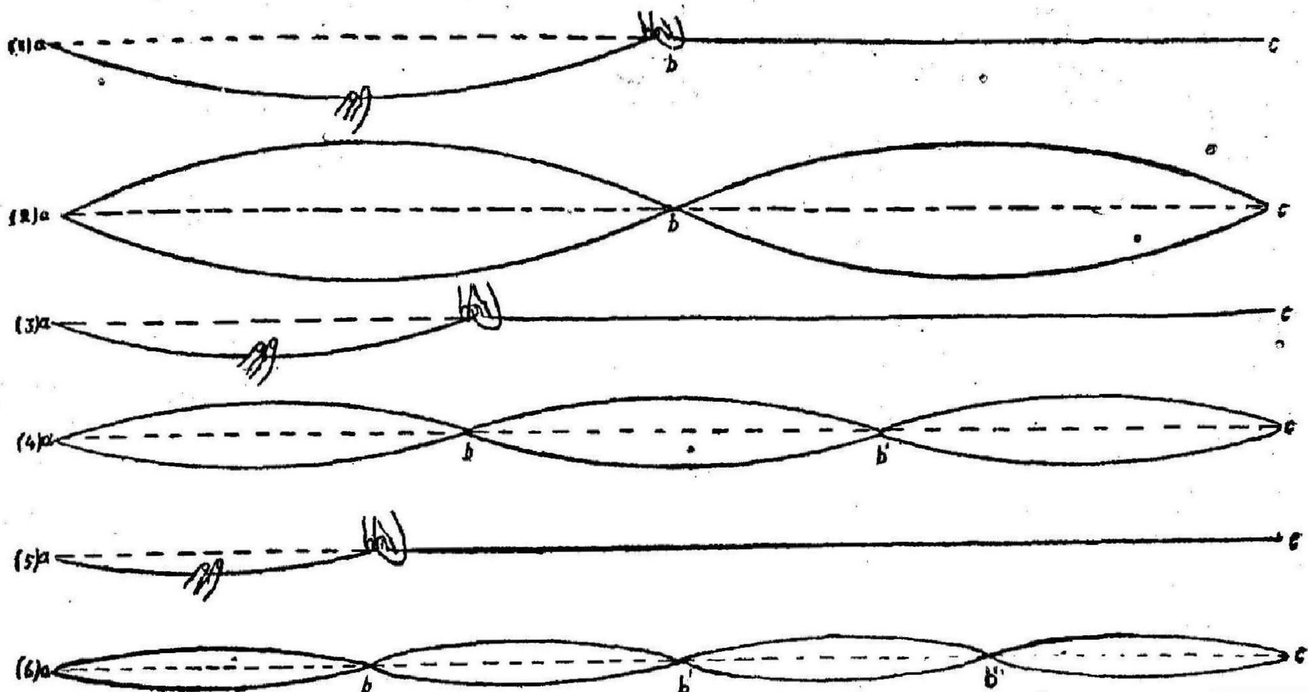
போல் வளைவு வந்திருக்கும். வளைவின் தலைப்பு குழாயின் நடுமத்தியை அடைந்திருக்கும். ஒரு விநாடி ஆனவுடன் இரண்டாவது படத்தில் காணப்படுவது போல் வளைவு வந்திருக்கும். அதாவது வளைவின் தலைப்பு கட்டப் பட்ட இடத்திற்குச் சென்றிருக்கும். அதே சமயத்தில் a என்ற இடத்தைச் சொடுக்கி மற்றொரு வளைவை அனுப் பினால் முதலில் சென்ற வளைவு எதிர்த்துத் திரும்பி வரும் பொழுது இரண்டாவது தடவை அனுப்பிய வளைவை நடுமத்தியில் சந்திக்கும். a b என்று குறிப்பிடப்பட் டிருக்கும் வளைவு c என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்தை நோக்கிச் செல்ல விரும்பும். ஆனால் c, b என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் வளைவு a என்று குறிப்பிடப்பட் டிருக்கும் இடத்தை நோக்கிச் செல்ல விரும்பும். அதனால் b என்ற இடம் இரண்டு வளைவுகளினால் ஒரே வலிமை யுடன் இழுக்கப்படும். ஒன்று b என்ற இடத்தை ஒருபக்கம் இழுக்கும். மற்றொன்று அதற்கு மாறாக இழுக்கும். இரண்டினுடைய வலிமை சமமாயிருப்பதால் b என்ற இடம் அசையாது. இம் மாதிரி கிரமப்படி சொடுக்கிக் கொண்டேயிருந்தால் நான் காவது படத்தில் காணப் படுவது போல குழாயின் இரண்டு பாதிகளும் தனித் தனியே துடித்துக் கொண் டிருக்கும். வளைவுகள் செல் லாமல் நிலைத்திருப்பதுபோல தோன்றும். a b என்ற பாகமும், b c என்ற பாகமும் கண்டம் என்று சொல்லப்படும். b என்று குறிப்பிடப்



படம் 22

கண்டங்கள் உண்டாகும் விதத்தை விளக்கும் படம்

பட்டிருக்குமிடம் (Node) முடி. a b என்ற பாகத்தின் நீள மோ அல்லது b c என்ற பாகத்தின் நீளமோ அலையின் நீளத்தில் பாதியைக் குறிக்கும். இம்மாதிரியாக அதே ரப்பர் குழாயில் 3, 4, 5, 6 கண்டங்கள் உண்டாகும்படி நுனியைச் சொடுக்கிக்கொண்டேயிருக்கலாம். இப்பொழுது வேறொரு விதமாக சோதனையை செய்வோம். ரப்பர் குழா யின் இரண்டு நுனிகளையும் a, c என்ற இடங்களில் கெட்டி யாகக் கட்டிவிட்டு அதை நடுமத்தியில் மீட்டினால் குழாய் ஒரு கண்டமாக அசையும். அதை 23-ம் படத்தில் 1 என்ற இடத்தில் காணப்படுவதுபோல் நடு மத்தியில் விரலினால் தொட்டுக்கொண்டு a b என்ற பாகத்தை மீட்டினால் a b என்ற பாகம்மட்டுமல்ல, b c என்ற பாகமும் துடிப்பதை பரீக்ஷையினால் தெரிந்து கொள்ளலாம். அதாவது ரப்பர் குழாய் முழுவதும் இரண்டு கண்டங்களாக அசைகின்றன. இதை இரண்டாவது படத்தில் காணலாம். அதைப் போலவே மூன்றில் ஒரு பாகமாகப் பிரிக்கும் இடத்தில் விரலை வைத்துக்கொண்டு குறைந்தபாகத்தை மீட்டினால் ரப்பர் குழாய் முழுவதும் மூன்று கண்டங்களாக அசை வதைக் கவனிக்கலாம். இதை நான்காவது படத்திலிருந்து காணலாம். அதேமாதிரியாக நாலு கண்டங்களாக அசை வதை ஆறுவது படத்திலிருந்து காணலாம். தவிர இரண்டு சோதனைகளிலும் குழாய் முழுவதும் துடிக்கும்போது குழாய் இரண்டு மூன்று கண்டங்களாகவோ துடித்தால், இரண்டு கண்டங்களாக துடிக்கும்போது குழாயின் துடிப்பு எண் குழாய் முழுவதும் ஒரு கண்டமாக துடிக்கும் போது உள்ள துடிப்பு எண் காட்டிலும் இரண்டு மடங் காகவும், மூன்று கண்டங்களாக துடிக்கும்பொழுது, துடிப்பு எண் ஒரு கண்டத்துக்கு உள்ள துடிப்பு எண் ணுக்குமூன்று மடங்காகவும் இருக்கும். இதை மானோ கார்டின் உதவியைக்கொண்டு நன்றாகத் தெரிந்துகொள்ள லாம். மானோகார்டில் கம்பியின் நடுமத்தியைப் பிடித்து மீட்டினால் ஒரு கண்டமாக அசையும். அப்பொழுது ஏற் படும் ஒலியின் சுருதியை மனதில் வாங்கிக்கொண்டு கம்பி

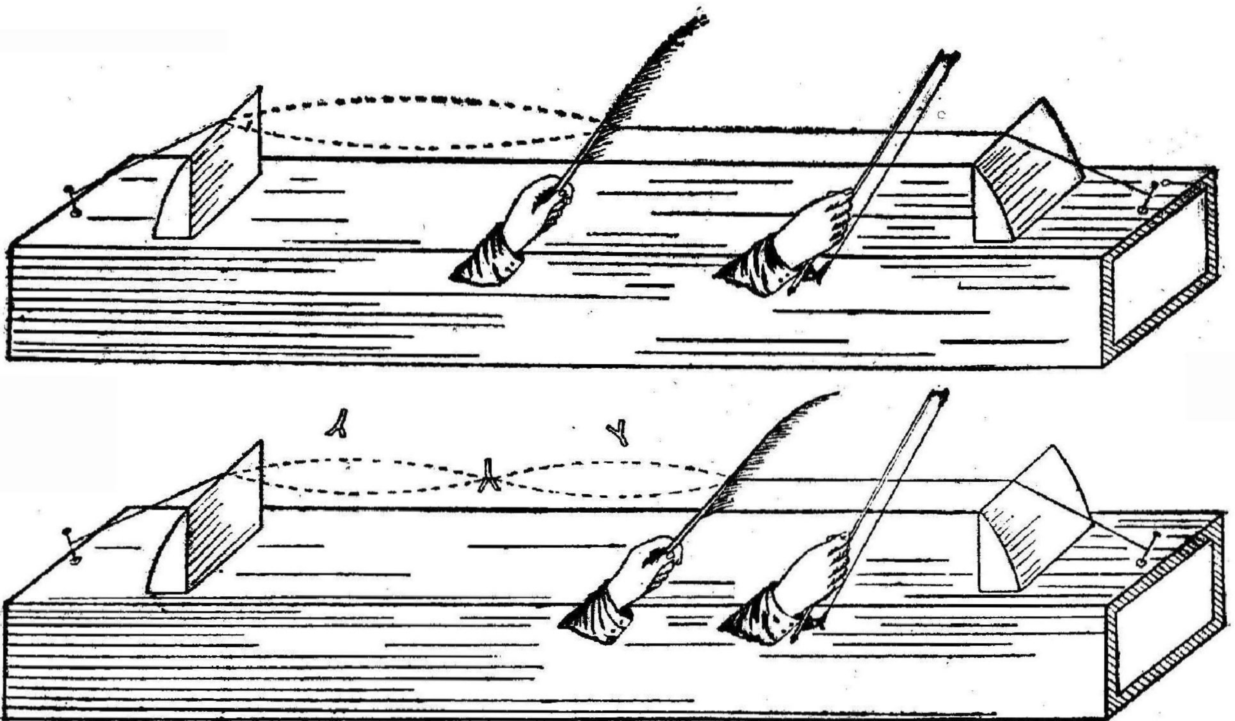


படம் 23

ரப்பர் குழாயில் கண்டங்கள் உண்டாகும் விதத்தை விளக்கும் படம்

யை 24-ம் படத்தில் காணப்படுவதுபோல், இறகினுல் நடு மத்தியில் லேசாகத் தொட்டுக்கொண்டு ஒருபாதியை மீட்டி இறகை எடுத்தவுடனே, முன்பு கேட்ட சுருதிக்கு மேல் ஷட்ஜம் கேட்பதைக் கவனிக்கலாம். இப்பொழுது கம்பி இரண்டு கண்டங்களாக அசைவதினுல் அதன் துடிப்பு எண் முதலில் இருந்த துடிப்பு எண்ணைக் காட்டிலும் இரண்டு மடங்காயிருக்கின்றது. அதனுல்தான் மேல் ஷட்ஜம் கேட்கிறது. இரண்டு கண்டங்களாக கம்பி அசைகின்றது என்பதையும் சோதனை மூலமாகத் தெரிந்து கொள்ளலாம். மீட்டப்படாத பாதியின் நடுமத்தியில் ஒரு சிறு துண்டுக் காகிதத்தை வைத்து முன்பு செய்ததுபோல் இறகினுல் மையத்தைத் தொட்டுக்கொண்டு மற்றப் பாதியை மீட்டி இறகை எடுத்துவிட்டால் துண்டு காகிதம் எகிறிக் கீழே விழுவதைக் கவனிக்கலாம். (இதைப் படத்தில் காணலாம்). ஏனெனில் இந்த பாகமும் ஒருகண்டமாக அசைவதினுல் காகிதத் துண்டைக் கீழே தள்ளிவிடுகின்றது. இதிலிருந்து மேல் ஷட்ஜம் கேட்கும்பொழுது ஸோனுமீட்டரின் கம்பி இரண்டு கண்டங்களாக அசைந்து சப்தத்தைக் கொடுக்கின்றது என்று தெரிந்து கொள்ளலாம். அதுபோலவே கம்பியின் மூன்றில் ஒரு பாகத்தைக் குறிக்கும் இடத்தை இறகினுல் லேசாகத் தொட்டுக் கொண்டு இரண்டாவது படத்தில் காணப்படுவதுபோல் குறைந்த பாகத்தை மீட்டி இறகை உடனே எடுத்தவுடன் இரண்டாவது தடவை கேட்ட சுருதிக்கு மேல்பஞ்சமம் கேட்பதை கவனிக்கலாம், முன்பு சோதனை செய்வது போல் காகிதத் துண்டுகளைக்கொண்டு இப்பொழுது கம்பி மூன்று கண்டங்களாக அசைந்து ஒலி உண்டாகின்றது என்று அறியலாம். இதிலிருந்து கண்டங்கள் ஒன்று, இரண்டு, மூன்று இம்மாதிரி அதிகப்படுகின்றது என்று தெரிந்துகொள்ளவேண்டும்.

கம்பி ஒரு கண்டமாகவோ அல்லது பல கண்டங்களாகவோ எவ்வாறு அசைகின்றது என்பதை பல பரி

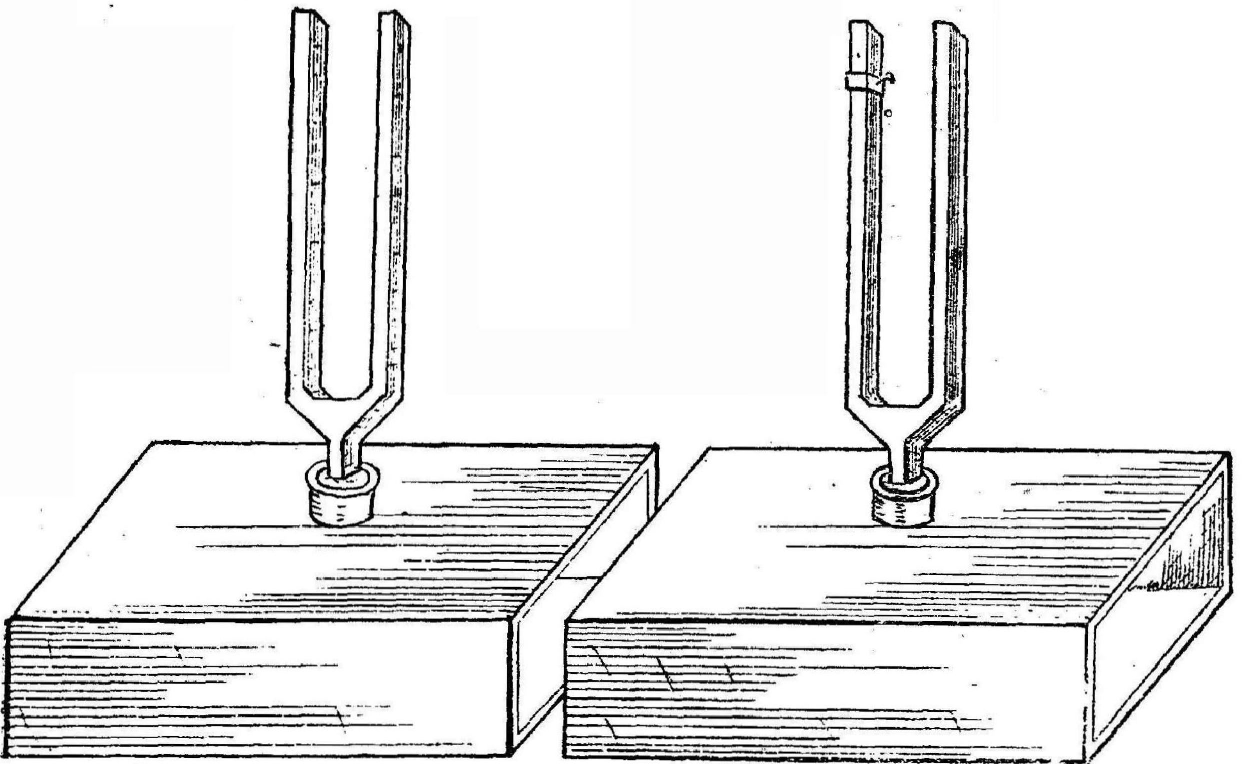


படம் 24

மானோகார்டில் இறகு பரிசோதனை ; கண்டங்கள் தோன்றும் விதம்

சோதனைகளிலிருந்து பார்த்தோம். கம்பி முழுவதும் ஒரு கண்டமாக அசையும்பொழுது உண்டாகும் ஒலியில் ஒரு கண்டத்துக்கு உண்டான சுருதி மட்டுமல்ல பல பிரிவுகளுக்கு உண்டான சுருதிகளும் கலந்து வருகின்றன. அவ்வாறு ஒரு கண்டத்துக்கு உண்டான சுருதியுடன் கலந்து வரும் சுருதிகளுக்குப் (Overtones) பரிவார சுருதிகள் என்று பெயர் சொல்லப்படும். ஒரு கண்டத்துக்கு உண்டான சுருதிக்கு மூல சுருதி (Fundamental tone) என்று பெயர். இம்மாதிரி எல்லா ஒலிகளிலும் மூலசுருதியுடன் பரிவார சுருதிகள் கலந்து வருகின்றன என்பது கம்பிகளினுல் உண்டாகும் ஒலிகளுக்கு மட்டுமல்ல எல்லா விதமான ஒலிகளுக்கும் உண்டு என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. எவ்வாறு வெள்ளொளியில் ஏழு விதமான நிறங்களும் அடங்கி இருக்கின்றனவோ, அதேமாதிரியாக எல்லா சப்தங்களும் தனித்த சப்தங்களாக இல்லாமல் பரிவார சுருதிகளுடன் கலந்து வருகின்றன. அதனுல்தான் ஒரு வாத்தியத்தினுடைய ஒலி மற்ருெரு வாத்தியத்தினுடைய ஒலியைப் போலிருப்பதில்லை. உதாரணமாக, ஒரே சுருதியில் பிடில், வீணை, புல்லாங்குழல் இவை மூன்றும் சப்தம் செய்தால் நாம் எந்த சப்தம் புல்லாங்குழலிருந்து வருகின்றதென்றும், எது பிடிலிலிருந்து வருகின்றதென்றும், எது வீணையிலிருந்து வருகின்றதென்றும் சுலபமாக அறிகிருேம். ஏனெனில் மூன்று ஒலிகளின் மூலசுருதிகள் ஒன்ருகவிருந்தபோதிலும் அவ்வவற்றினுடைய பரிவார சுருதிகளின் வித்தியாசத்தினுல் சப்தங்களின் வேறுபாடு ஏற்படுகின்றது என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது.

பிறகு ஸோனுமீடரால் எவ்வாறு சுருதி நிர்ணயம் பண்ணலாம் என்று பார்ப்போம். துடிப்பு எண்ணிக்கை ஒத்ததாயும், பெட்டியில் அமைக்கப்பட்டதுமான இரண்டு இசைக்கவடுகளை எடுத்துக்கொண்டு, அவைகளிரண்டையும் ஒரே சமயத்தில் தட்டினுல் இரண்டினுடைய ஒலிகளின் சுருதியும் ஒத்திருப்பதால் காதிற்கு மிருதுவான



படம் 25 விம்மல்களை நிரூபிக்கும் சோதனைக்கு வேண்டிய இசைக்கவடுகள்

உணர்ச்சியைக் கொடுக்கின்றது. இப்பொழுது 25-ம் படத்தில் காணப்படுவதுபோல் ஒரு இசைக்கவடின் கட்டையில் ஒரு சிறிய துண்டைச் சேர்த்து இரண்டையும் சப்தம் செய்தால், அப்பொழுது இரண்டு சுருதிகளும் ஒன்றுசேராமல் குடுகுடு என்று ஒலி ஏறி இறங்குகிறது. அவ்வாறு ஒலியில் ஏற்படும் ஏற்றக் குறைவிற்கு (Beats) விம்மல்கள் என்று பெயர். இரண்டினுடைய துடிப்பு எண்கள் எவ்வளவுவித்தியாசப்படுகின்றதோ அவ்வளவுதடவை ஒலியில் விம்மல்கள் ஒரு விஞடிக்கு ஏற்படும். விம்மல்கள் கேட்பதைக்கொண்டு இரண்டு சுருதிகளும் ஒத்திருக்கின்றனவா வென்று சொல்லி விடலாம். மாஞேகார்டைக் கொண்டு சுருதி நிர்ணயம் செய்வதற்கு எடுத்துக்கொண்ட ஒலியின் சுருதி மாஞேகார்டு கம்பியிலிருந்து வரும் ஒலியின் சுருதியுடன் ஒத்திருக்கும்படி செய்யவேண்டும். கம்பியின் நீளத்தைக் குறைத்தோ, அதிகப்படுத்தியோ சுருதியை மாற்றி, எடுத்துக்கொண்ட ஒலிக்கும் கம்பியின் ஒலிக்கும் விம்மல்கள் இல்லாமலிருக்கும்படி செய்துவிடவேண்டும். பிறகு கம்பியின் நீளத்தையும், பிகுவையும், மொத்தத்தையும், கனத்தையும் கணக்கெடுத்து அதனுடைய சுருதியைக் கண்டுபிடித்து விடலாம். இந்த எண் எடுத்துக்கொண்ட ஒலியின் துடிப்பு எண்ணிக்கையைக் கொடுக்கும். அந்த எண்ணிலிருந்து ஒலியின் சுருதியை அறியலாம். முதல் அத்தியாயத்தில் சொல்லப்பட்டிருக்கும் ஸைரன் என்ற கருவியைக் கொண்டும் இம்மாதிரியே சுருதி நிர்ணயம் செய்யலாம். அவ்விடம் சுருதியை ஏற்றுவதற்கோ, குறைப்பதற்கோ கருவியின் மூலம் வெளிவரும் காற்றின் வேகத்தை அதிகப்படுத்தவோ, குறைக்கவோ வேண்டும்.

கேள்விகள்

17. ஏன் தனிக்கம்பியின் அசைவினுல் உண்டாகும் சப்தம் குறைவாயிருக்கின்றது. அதை எவ்வாறு அதிகப்படுத்தலாம்?

18. பெட்டியில் இணைக்கப்பட்ட இசைக்கவடுக்கும் பெட்டியில் இணைக்கப்படாத இசைக்கவடுக்கும் உள்ள வித்தியாசம் என்ன?

19. மாேனாகார்டின் அமைப்பைப் படத்தில் வரைந்து காண்பித்து அதன் ஒவ்வொரு பாகத்தின் உபயோகத்தை எழுதவும்.

20. கம்பிகளின் அசைவைப் பொருத்த அடிப்படையான நான்கு விதிகள் என்ன? அவைகளை விவரித்து எழுதுக.

21. மானோகார்டைக் கொண்டு இந்த நான்கு விதிகளையும் எவ்வாறு பரீக்ஷை செய்து நிரூபிப்பாய்?

22. ஒரே கம்பி, ஒரு கண்டமாகவும், இரண்டு, மூன்று, நான்கு கண்டங்களாகவும் அசையும் பொழுது உள்ள தோற்றத் தைப் படத்தில் காண்பிக்கவும். எவ்வாறு மானோகார்டின் கம்பி பல கண்டங்களாக துடிக்கின்றதா என்று சோதனை செய்து பார்ப்பாய்?

23. எவ்வாறு கம்பி அசையும்பொழுது பல கண்டங்கள் உண்டாகின்றன என்று விளக்கி எழுதவும்.

24. மானோகார்டைக் கொண்டு கம்பி ஒன்று, இரண்டு, மூன்று, நான்கு கண்டங்களாக அசையும்பொழுது அதன் சுருதி ஒரு மடங்கு, இரண்டு மடங்கு, மூன்று மடங்கு, நான்கு மடங்கு அதிகமாக இருக்கின்றது என்பதை எவ்வாறு சோதனை செய்து காண்பிப்பாய்?

25. பரிவார சுருதிகள் என்றால் என்ன? அவைகள் எதனால் உண்டாகின்றன?

26. விம்மல்கள் என்றால் என்ன? இதை விளக்கிக் காட்ட ஒரு சோதனையை விவரித்து எழுதுக.

27. ஸோனாமீட்டரைகொண்டு எவ்வாறு சுருதி நிர்ணயம் செய்வாய்?

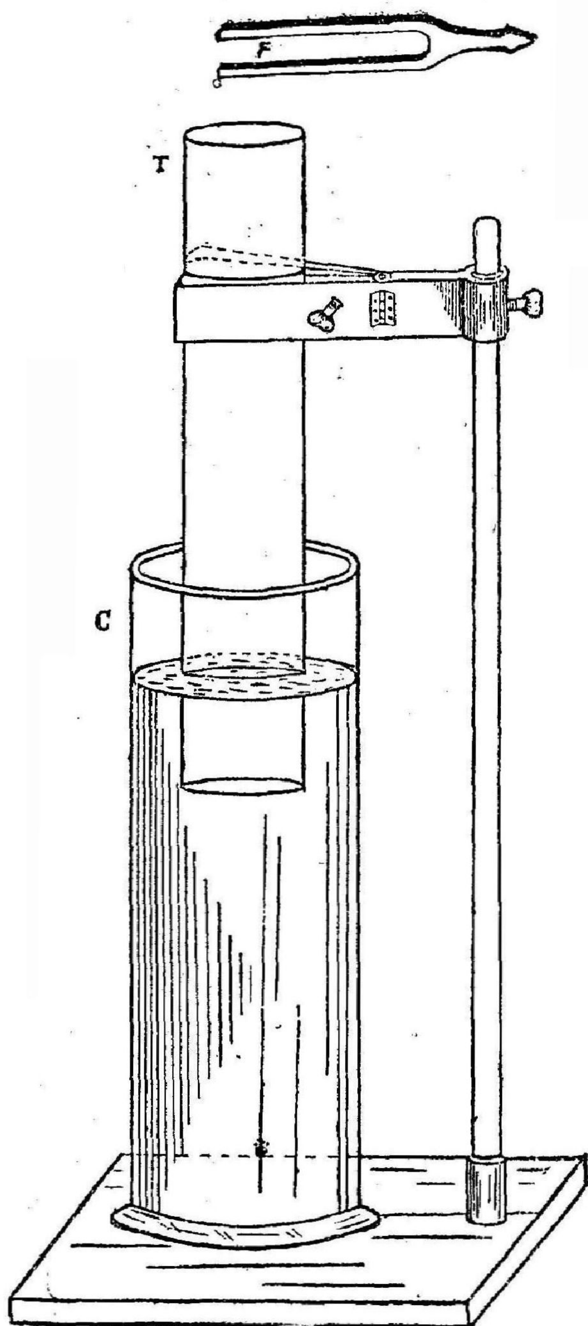
அத்தியாயம் 4

(Vibration of Air Columns)

காற்று நிரைகளின் துடிப்பு

[ரிஸொனன்ஸ் என்பதை விளக்கச் செய்ய ஒரு சோதனை—உடனியக்கம்—இதை நன்முக உணர ஒரு பரீக்ஷை—உடனியக்கத்தினுல் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படுகின்றது என்ற கருத்து—ஒரு பக்கம் மூடப்பட்டிருக்கும் குழாயின் உயரத்திற்கும் அதில் ரிஸொனன்ஸை உண்டுபண்ணும் இசைக்கவடின் துடிப்பு எண்ணுக்கும் உள்ள சம்பந்தம்—இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாயும், அதன் நீளத்திற்கு உண்டான இசைக்கவடும் குழாயின் நீளத்திற்கும், துடிப்பு எண்ணிற்கும் உள்ள சம்பந்தம்—குழாய்களிலிருக்கும் காற்று துடிக்கும் விதம்—காற்றில் ஒலி அலையின் நீளத்தைக் கண்டுபிடிக்கும் விதம்—குழாய்களிலிருக்கும் காற்றில் சப்தத்தின் வேகத்தைக் கண்டுபிடிக்கும் வழி—குழாய்களிலிருக்கும் காற்றும் பல கண்டங்களாக துடிக்கும்—ஆர்கன்பைப்புகள்—அவைகளில் காற்று துடிக்கும் விதம்—ஆர்கன் பைப்புகளிலும் சாதாரண குழாய்களிலும் உள்ள காற்று பல கண்டங்களாக துடிக்கும் பொழுது ஏற்படும் நிலையான அலைகளின் முடிகள் எதிர்முடிகள் இவைகளை கண்டுபிடிக்கும் வழிகள்—பாட்டில் ரிஸொனேடர்—ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் ரிஸொனேடர்—அதன் உபயோகம்.]

26-ம் படத்தில் காண்பதுபோல் C என்ற ஒரு பாத்திரத்தில் தண்ணீரை எடுத்துக்கொண்டு அதில் T என்ற ஒரு நீளத் தகரக் குழாயையோ, அல்லது கண்ணுடிக் குழாயையோ வைத்துக்கொள்ளவும். ஏதாவது ஒரு இசைக்கவடு ஒன்றை எடுத்துக்கொண்டு அதைத் தட்டி குழாயின் மேல் படாமல் அதன் வாயினருகே வைத்துக்கொண்டு குழாயைச் சற்றுத் தூக்கி அல்லது இறக்கி, ஒலி எந்த இடத்தில் அதிகமாகக் கேட்கின்றதோ அந்த இடத்தில் குழாயை அசையாமல் பிடித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

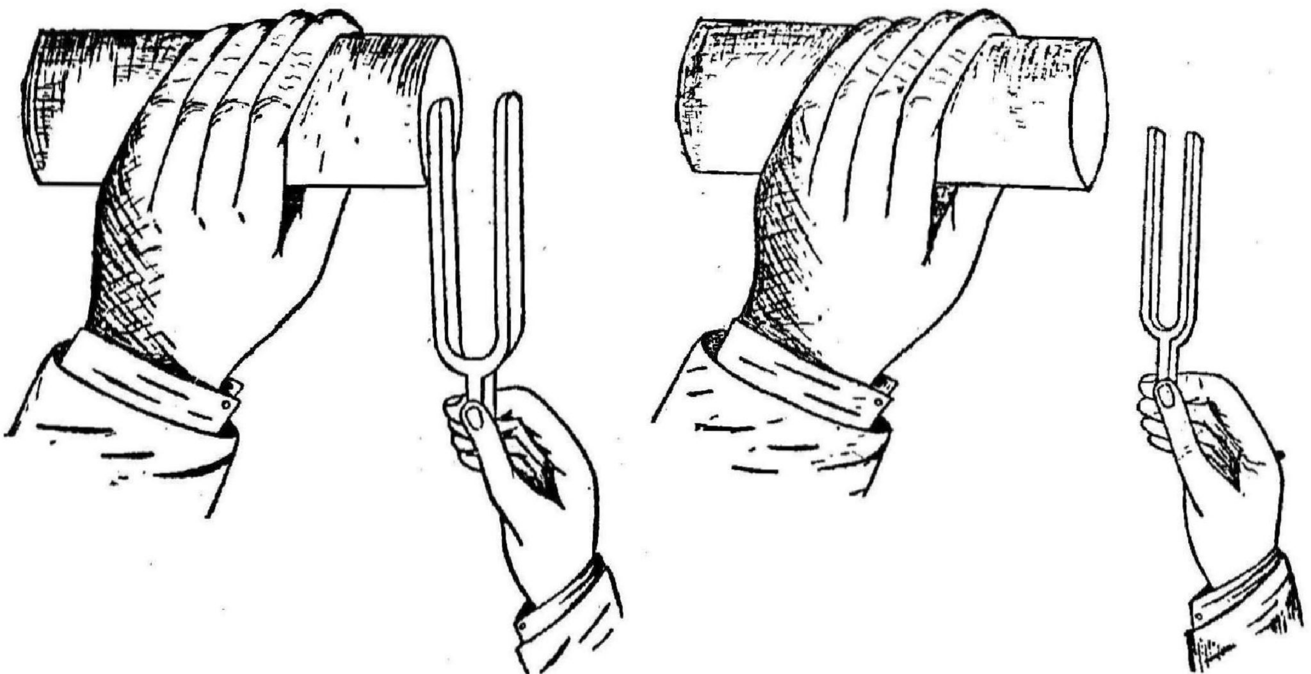


உட்னியக்கத்தை விளக்க சோதனே
படம் 26

ஸ்டாண்டின் உதவியைக்கொண்டு குழாயைக் கெட்டியாக அவ்விடத்திலேயே நிறுத்தவேண்டும். இவ்வாறு ஒலி அதிகமாகக் கேட்கும் நிகழ்ச்சிக்கு (Resonance) ரிஸொனன்ஸ் அல்லது பிம்ப ஒலி என்று பெயர். இசைக்கவடைத் தட்டி கையில் வைத்துக்கொண்டிருக்கும்பொழுது அதன் ஒலி கேட்கவில்லை. ஆனால் அந்தக் குழாயிலிருக்கும் காற்றிற்கு சமீபத்தில் வைத்தவுடன் ஒலி அதிகமாகக் கேட்கின்றது. உடனியக்க துடிப்புகளினால் அவ்வாறு ஏற்படுகின்றது என்று கூறப்படுகின்றது.

உடனியக்கம் என்றால் என்ன என்பதை உணருவதற்கு, மற்றொரு சோதனையைப் பார்ப்போம். இரண்டு ஸ்டாண்டுகளினிடையே ஒரு நூலை கட்டி அதனின்று மூன்று பெண்டுலங்களை தொங்கவிடவும். இவற்றில் இரண்டு ஒரே நீளமுடையதாகவும் மற்றது சற்று நீளம் குறைவாகவும் வைத்துக்கொள்ளவும். ஒரே நீளமுள்ள பெண்டுலங்களில் ஒன்றை ஆட்டிவிடவும். சிறிது நேரத்தில் இதன் ஆட்டம் குறைவதையும் ஆனால் இதே நீளமுள்ள மற்ற பெண்டுலம் ஆட துவங்குவதையும், அதன் வீச்சு வரவர அதிகரிப்பதையும் காணலாம். ஒரு நிலையில் முதல் பெண்டுலத்தின் ஆட்ட முழுவதும் நின்று இரண்டாவது பெண்டுலம் முழுவீச்சுடன் ஆடிவருவதை கவனிக்கலாம். உடனியக்கத்தின் விளைவாக முதல் பெண்டுலத்தின் ஆற்றல் முழுவதையும் இரண்டாவது பெண்டுலம் பெற்றுவிடுகிறது. நீளம் குறைவாயுள்ள பெண்டுலம் ஆடாமல் முன்பு இருந்தது போலவே இருப்பதை பார்க்கலாம். எனவே உடனியக்க விளைவு மூலம் ஆற்றல் பரவுவதற்கு இரண்டு பெண்டுலங்களின் நீளமும் ஒன்றாக இருக்கவேண்டும் என்று அறிகிறோம். பெண்டுலங்களின் துடிப்பு எண்கள் அந்நிலையில்தான் ஒத்து இருக்கின்றன. இப்போது முன் செய்த சோதனையை மீண்டும் கவனிப்போம்.

இசைக்கவடைத் தட்டி குழாயின்மேல் வைத்தவுடன் குழாயிலிருக்கும் காற்றின் நீளத்திற்கு ஏற்பட்ட சுருதியும், இசைக்கவடின் சுருதியும் ஒத்திருப்பதால் உடனியக்கம் ஏற்பட்டு சப்தம் கேட்கின்றது என்று அறியலாம். இசைக்கவடுடன் உடனியக்கம் செய்யும் காற்றின் உயரம் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுதான் இருக்க முடியும். ஏனெனில் குழாயை முன்னிருந்தவிடத்தைக் காட்டிலும் சற்று தூக்கினுலோ அல்லது இறக்கினுலோ ஒலி ஏற்படவில்லை. இதிலிருந்து காற்றின் ஒவ்வொரு உயரத்திற்கும் ஒரு சுருதி உண்டென்று அறியலாம். பல இசைக்கவடுகளை வைத்துக்கொண்டு அவையவைகளுக்குண்டான குழாயின் உயரத்தைக் கண்டுபிடித்துவிடலாம். இவ்வாறு பரீக்ஷைசெய்து பார்த்தால் இசைக்கவடின் சுருதி அதிகமாக, குழாயின் உயரம் குறைவதை கவனிக்கலாம். இதிலிருந்து குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரம் அதிகமாயிருக்கும்பொழுது அதன் சுருதி குறைவு என்றும், உயரம் குறைவாகவிருக்கும் பொழுது அதன் சுருதி அதிகமாகவிருக்கின்றதென்றும் அறியலாம். மேலே சொன்ன குழாய் ஒருபக்கம் மட்டுமே திறந்திருக்கின்றது. ஏனெனில் கீழ்பக்கத்தில் நீரினுல் அடைக்கப்படுகின்றது. இம்மாதிரி குழாயை (Closed pipe) ஒரு பக்கம் மூடப்பட்ட குழாயென்று சொல்லப்படும். ஒரு பக்கம் மூடப்பட்டிருக்கும் குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரத்திற்கும் அதன் சுருதிக்கும் உள்ள மேலே கூறிய சம்பந்தம் குழாய்களில் காற்றின் அசைவைப் பொருத்த விதி எனப்படும். மேற்சொன்னது போலவே இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாயிலிருக்கும் காற்றும் உடனியங்கி ஒலிக்கும் என்பதைக் கவனிக்கலாம். 2 அடி 2 அங்குலமுள்ள ஒரு கண்ணுடிக் குழாயை எடுத்துக்கொண்டு 256 வைபரேஷன் எண் உள்ள இசைக்கவடைத் தட்டி 27-ம் படத்தில் காணப்படுவது போல் குழாயின் வாயின் அருகே காண்பித்தால் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படுவதைக் கவனிக்கலாம். அவ்வாறு கேட்கும் சப்தம் உடனியக்கத்தினுல் ஏற்படுகின்றது என்



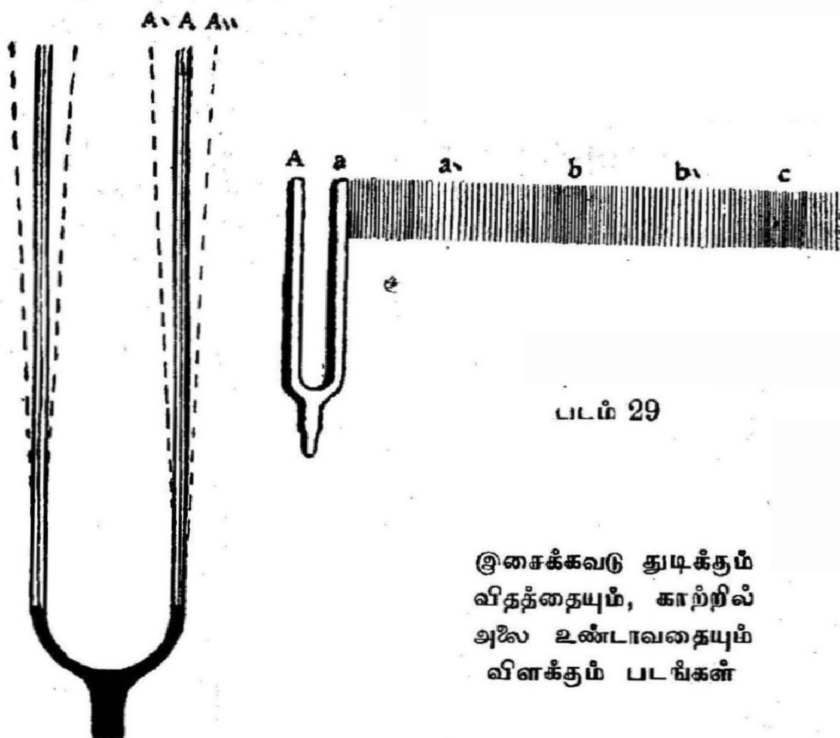
உடனியக்கத்தை காட்ட மற்றொரு ஒரு சோதனை

படம் 27

பது திண்ணம். குழாயிலிருக்கும் காற்றின் இயற்கை சுருதி 256 ஆனதால்தான் சப்தம் கேட்கின்றது. முன்பு செய்ததுபோல் பல குழாய்களை எடுத்துக்கொண்டு சோதனை செய்து பார்த்தால் ஒவ்வொரு குழாய்க்கும் ஒவ்வொரு சுருதி இருக்கின்றது என்பதை அறியலாம். முன்போல குழாயின் உயரம் அதிகமாக, சுருதி குறைவதையும், உயரம் குறைய, சுருதி அதிகமாவதையும் கவனிக்கலாம். ஆனால் ஒரு பக்கம் மூடப்பட்டிருக்கும் குழாய்க்கும், இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாய்க்கும் ஒரு வித்தியாசம் உண்டு. ஒரே நீளம் உள்ள இரண்டு குழாய்களை எடுத்துக்கொண்டு அவைகளில் ஒன்று, இரண்டு பக்கம் திறந்ததாயும், மற்றொன்று ஒரு பக்கம் திறந்ததாயும் இருக்குமானால், ஒரு பக்கம் திறந்த குழாயின் காற்றிற்குரிய சுருதியைக் காட்டிலும் இரண்டுபக்கமும் திறந்த குழாயின் காற்றின் சுருதி இரண்டுமடங்காயிருப்பதை சோதனை செய்து அறியலாம். இரண்டுவிதமான குழாய்களிலும் சுருதி, குழாய்களின் நீளத்தைப் பொறுத்ததேயல்லாமல், சுற்றளவைப் பொறுத்து இல்லை என்பதையும் சோதனையினால் அறியலாம்.

பிறகு குழாயிலிருக்கும் காற்று எவ்வாறு துடிக்கின்றது என்றும், ஏன் சுருதி அதிகமாக குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரம் குறையவேண்டுமென்றும் இப்பொழுது கவனிப்போம். முதலில் 256 எண் உள்ள இசைக்கவடு ஒன்றை எடுத்துக்கொண்டு அத்துடன் உடனியக்கம் செய்யக்கூடிய காற்றின் உயரத்தை ஒரு பக்கம் மூடப்பட்ட குழாயில் நிர்ணயம் செய்து அந்த இடத்தில் குழாயை முன்பு செய்ததுபோல் ஸ்டாண்டின் உதவியைக்கொண்டு கெட்டியாகவிருக்கும்படிச் செய்ய வேண்டும். 28-ம் படத்தில் காணப்படும் இசைக்கவடின் கட்டை A′ என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்திலிருந்து (A″) என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்திற்கு வந்தால் அரை துடிப்பு; மறுபடியும் A″ என்று குறிப்பிடப் பட்டிருக்குமிடத்திலிருந்து A′ என்று குறிப்பிடப்

பட்டிருக்குமிடத்திற்குப் போனால், மற்றொரு அரை துடிப்பு ஆகின்றது. நாம் எடுத்துக்கொண்ட இசைக்



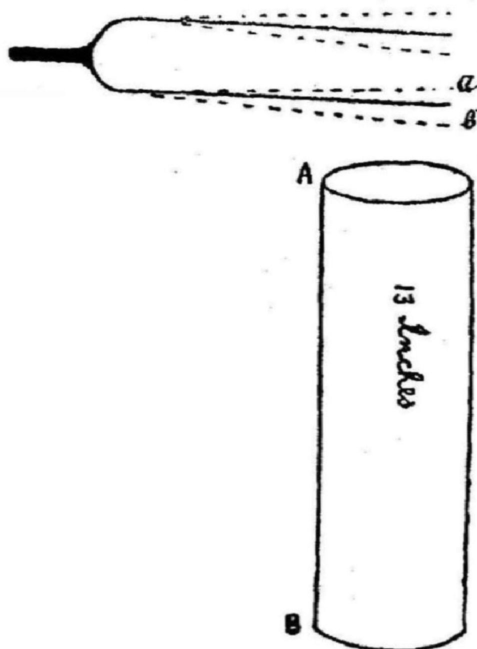
படம் 29

இசைக்கவடு துடிக்கும் விதத்தையும், காற்றில் அலை உண்டாவதையும் விளக்கும் படங்கள்

படம் 28

கவடு ஒரு வினாடிக்கு *256* தடவை துடிக்கின்றது. இசைக் கவடின் ஒவ்வொரு துடிப்புக்கும் ஒரு அலை காற்றில் ஏற்படும். *29*-ம் படத்தில் இசைக் கவடின் ஒரு துடிப்புக்கு உண்டான a, c என்ற ஒரு நெட்டலையுடன் கவடை காணலாம். அலையினுடைய வேகத்தை, துடிப்பு எண்ணினால் வகுத்து வருகிற எண், அலையின் நீளத்தைக் குறிக்கும். காற்றில் ஒலியின் வேகம் எவ்வளவென்று கண்டுபிடித்திருக்கிறார்கள். அதை *256*-ல் வகுத்து வருகிற எண் $4\frac{1}{3}$, அதாவது *256* துடிப்பு எண் உள்ள கருவி காற்றில் சப்திக்

கும் பொழுது காற்றில் ஏற்படும் அலையின் நீளம் 4 அடி 4 அங்குலம் என்று அறியவேண்டும். இப்பொழுது குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரத்தை அளந்து வருகிற எண், அலையின் நீளத்தில் நாலில் ஒரு மடங்காயிருப்பதை கவனிக்கலாம். இம்மாதிரி பல எண்கள் போட்ட இசைக் கவடுகளை எடுத்துக்கொண்டு ஒவ்வொன்றிற்கும் ஏற்பட்ட குழாயின் நீளத்தை சோதனை மூலமாகக் கண்டுபிடித்து அளந்து பார்க்கும்பொழுது, அந்தந்த நீளம் அந்தந்த இஸைக் கவடினால் உண்டுபண்ணப்படும் அலையின் நீளத்



ஒரு பக்கம் திறந்த குழாயில் காற்று துடிக்கும்போது அலை நீளத்தை அளப்பதை விளக்கும் படம்

படம் 30

தில் நாலில் ஒரு பங்காகவிருப்பதை கவனிக்கலாம். இது எவ்வாறு ஏற்படுகின்றது என்பதற்கு சுலபமான சமாதானம் சொல்லலாம். நாம் முதலில் எடுத்துக்கொண்ட

256 துடிப்பு எண் உள்ள இசைக் கவடை அதற்குத்தகுந்த குழாயின்மேல் வைத்துக்கொண்டிருக்கும்பொழுது கவடின் கட்டை 30-ம் படத்தில் a என்று போடப்பட்டிருக்கும் இடத்திலிருந்து b என்று போடப்பட்டிருக்கும் இடத்திற்கு வரும் அளவில் அது a என்ற இடத்திலிருக்கும் பொழுது காற்றில் கிளம்பின அடர்த்தி குழாயின் கீழ்ப்பக்கத்திற்கு வந்து, அவ்விடமிருந்து எதிர்க்கப்பட்டு மறுபடியும் மேல்பக்கத்திற்குச் செல்லும். ஏனெனில், குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரத்தை அளந்து பார்த்த பொழுது அந்த உயரம் 256 எண் உள்ள இசைக் கவடினுல் காற்றில் உண்டாக்கப்படும் அலையின் நீளத்தில் நாலில் ஒன்ருயிருந்ததை முன்பே பார்த்திருக்கிருேம். ஆகையினுல் காற்றின் உயரம் 13 அங்குலமிருக்கும். இசைக் கவடின் கட்டை a என்று குறிப்பிடப் பட்டிருக்குமிடத்திலிருந்து b என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்திற்கு வருவதற்குள் பாதி அலை காற்றில் உண்டாயிருக்கும். அதாவது அலையின் முன் பாகமானது 26 அங்குலம் பரவியிருக்கும். 26 அங்குல தூரம் பரவுவதற்கு மேலேயிருந்து கிளம்பிய அதிர்ச்சியானது குழாயிலுள்ள மூடிய முனைக்கு வந்து அவ்விடம் எதிர்க்கப்பட்டு மறுபடியும் குழாயின் வாய்க்கு வந்திருக்க வேண்டும். அதுபோலவே இசைக் கவடின் கட்டை b என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்திலிருந்து a என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்குமிடத்திற்குப் போகும் அளவில் கவடினுல் காற்றில் ஏற்பட்ட தளர்த்தியானது குழாயின் வாயிலிருந்து கிளம்பிக் கீழ்ப்பாகத்திற்கு வந்து எதிர்க்கப்பட்டு குழாயின் வாய்க்கு மறுபடியும் வருகின்றது. இதிலிருந்து இசைக் கவடு ஒரு துடிப்பு செய்து முடிப்பதற்குள் குழாயிலிருக்கும் காற்றும் ஒருமுறை துடிக்கின்றது என்பதை அறிகின்ருேம். ஆகையினுல் இசைக் கவடின் கட்டை ஒரு விஞடிக்கு எவ்வளவு முறை துடிக்கின்றதோ அவ்வளவு தடவை குழாயிலிருக்கும் காற்றும் துடித்து ரிஸொனன்ஸ் ஏற்பட்டு சப்தத்தை நன்ருகக் கேட்கிருேம்.

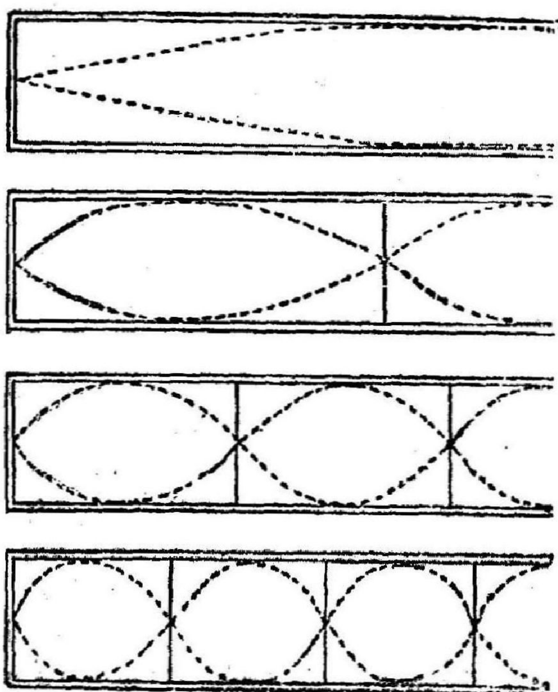
நிலையாயிருக்கும் அலைகளைப்பற்றி முன்பு பார்த்திருக்கிறோம். அதை நிரூபிக்க எடுத்துக்கொண்ட சோதனையில் உண்டான கண்டங்களும் முடிகளும் குறுக்கு அலைகளைக் குறிக்கின்றன. அதே மாதிரியாக நிலையாயிருக்கும் அலைகளில் நெட்டலைகளும் உண்டு. மேலே சொன்ன குழாயிலிருக்கும் காற்று உடனியக்கத்தினால் சப்தம் செய்யும் பொழுது அந்த காற்றில் நிலையாயிருக்கும் அலைகள் ஏற்படுகின்றன. நிலையாயிருக்கும் அலைகளின் குணங்களை முன்பே பார்த்திருக்கிறோம். அவைகள் ஏற்படும்பொழுது சில இடங்களில் அசைவு இல்லாமலிருப்பதையும் கவனித்திருக்கிறோம். அதிகமான அசைவுள்ள இடங்களுக்கு எதிர் முடிகள் என்றும், அசைவேயில்லாத இடங்களுக்கு முடிகள் என்றும் பெயர். குழாயிலிருக்கும் காற்றில் ரிஸோனன்ஸ் ஏற்படும்பொழுது, நிலையாயிருக்கும் அலைகள் உண்டாவதால், குழாயின்வாய் எதிர்முடியாகவும், நீர் மட்டம் அதாவது மூடப்பட்ட பக்கம் முடி ஆகவும் தானிருக்க வேண்டுமென்று அறியலாம். ஏனெனில் திறந்த பக்கத்தில் தான் அசைவு அதிகமாக ஏற்படுவதற்கு வசதி உண்டு. அடியில், அதாவது மூடப்பட்ட பக்கத்தில் அசைவு தடைப்படும். ஆகையினால் குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரம் ஒரு முடிக்கும், ஒரு எதிர்முடிக்கும் இடையிலுள்ள தூரமாகவிருக்கின்றது. அதாவது அரை கண்டமாக இருக்கின்றது. ஒரு கண்டத்தின் நீளம், அலையின் நீளத்தில் பாதி என்று முன்பு பார்த்திருப்பதால், இங்கு அரை கண்டமாக காற்று அசைவதினால், குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரம், அலையின் நீளத்தில், நாலில் ஒரு பாகமாகத் தானிருக்கவேண்டுமென்று ஊகிக்கலாம்.

இந்த சோதனையைக்கொண்டு காற்றில் ஒலி பரவும் வேகத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம். காற்றில் ஒலியின் வேகம், இசைக்கவடின் துடிப்பு எண்ணை அது உண்டுபண்ணும் அலையின் நீளத்தால் பெருக்கிவருகிற தொகை என்று முன்பே பார்த்திருக்கிறோம். ஆகையால் வேகத்தை சுலப

மாக இந்த சோதனையைக் கொண்டு கண்டுபிடித்துவிட லாம். குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரத்தை அளவு கோலைக்கொண்டு அளந்து அதை நாலால் பெருக்கிவருகிற தொகை அலையின் நீளத்தைத் தருகின்றது. இந் நீளத்தை துடிப்பு எண்ணினால் பெருக்கி ஒலியின்வேகத்தை அறிந்து விடலாம்.

நாம் சோதனை செய்த குழாயின் மேலே 256 எண் உள்ள இசைகவடு வைப்பதற்கு பதிலாக 768 எண்ணுள்ள இசைக்கவடை வைத்தவுடன் அதே உயரமுள்ள காற்றில் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்பட்டு சப்தம் கேட்கும். அதுபோல 1280 எண் உள்ள கவடை வைத்தாலும் ஒலி ஏற்படும். 256 எண்ணுள்ள கவடை குழாயின் மேலே வைக்க, குழா யிலிருக்கும் காற்றில் ஏற்படும் நிலையாயிருக்கும் அலை களால் குழாயிலிருக்கும் காற்றின் உயரம் முழுவதும் அரை கண்டமாக அசைந்து ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படுகின் றது. 768 எண்ணுள்ள கவடை வைக்கும்பொழுது அதே உயரமானது $1\frac{1}{2}$ கண்டங்களாக அசைந்து சப்தத்தைப் பெருக்கிக்கொடுக்கின்றது. ஒரு குறிப்பிட்ட நீளத்தில் ஏற்படும் ஒரு கண்டத்துக்கு உண்டான துடிப்பு எண்ணைக் காட்டிலும், 2 கண்டங்களுக்கு உண்டான துடிப்பு எண் இரண்டு மடங்கென்றும், மூன்று கண்டங்களுக்கு உண் டான துடிப்பு எண் மூன்று மடங்கென்றும், இம்மாதிரி அதிகமாகிக்கொண்டிருக்குமென்றும் முன்பு பார்த்தோம். ஆகையினால்தான், குழாயிலிருக்கும் காற்றில் இரண்டா வது தடவை ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படுவதற்கு 256 எண்ணைக் காட்டிலும் மூன்று மடங்கு அதிகமாயுள்ள அதாவது 768 எண்போட்ட இசைக்கவடு வைத்தவுடன் சப்தம் அதிகமாக ஏற்படுகின்றது. அதே மாதிரியாக மூன்ருவது தடவை ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படுவதற்கு அதே உயரக்காற்று $2\frac{1}{2}$ கண்டங்களாக அசைய வேண்டுமாதலால் 256 எண் ணுக்கு 5 மடங்கு உள்ள 1280 துடிப்பு எண் உள்ள இசைக்கவடை வைத்தால்தான் சப்தம் அதிகமாக ஏற்

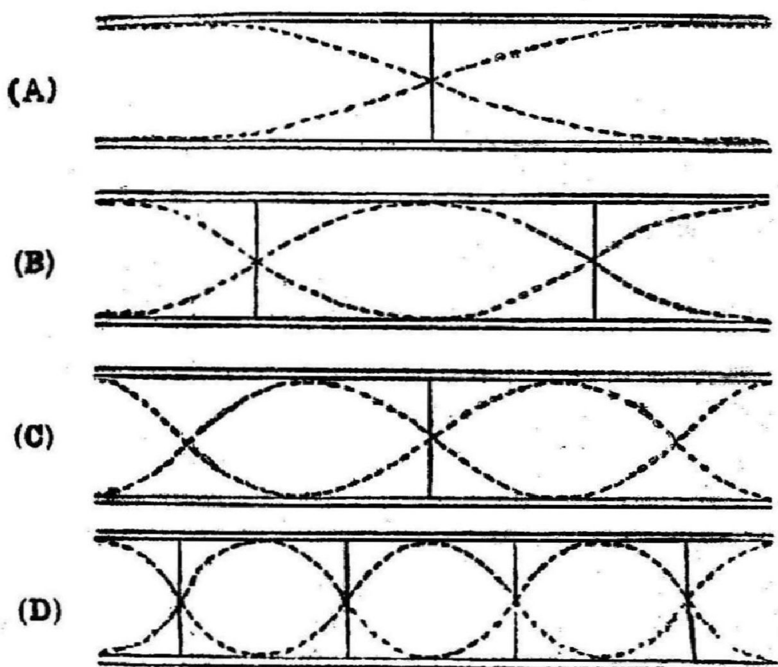
படும். நான்காவது தடவை ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படுவதற்கு காற்று $3\frac{1}{2}$ லூப்புகளாக அசையவேண்டும். இந்த நான்கு வித அசைவுகளும் 31-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஆகையினுல் (Closed Pipe) அல்லது ஒரு பக்கம் மூடப்பட்டிருக்கும் குழாயிலிருக்கும் காற்று, அரை கண்டமாகவோ, ஒன்றரை கண்டங்களாகவோ, இரண்டரை கண்டங்களாகவோ, மூன்றரை கண்டங்களாகவோ, இம்மாதிரியாக அசையும் தன்மையை யுடையதாயிருக்கின்றது. அப்பொழுது ஏற்படும் ஒலிகளின் சுருதிகளும், 1 மடங்கு, 3 மடங்கு, 5 மடங்கு, 7 மடங்கு, இம்மாதிரியாக அதிகரித்துக்கொண்டு செல்லும்.



ஒரு பக்கம் திறந்த குழாயில் உள்ள காற்று பல கண்டங்களாக துடிக்கும் விதத்தை விளக்கும் படம்

படம் 31

ஒரு பக்கம் மூடப்பட்ட குழாயிலிருக்கும் காற்றிற்குச் சொன்னதுபோலவே இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாயி லிருக்கும் காற்றிற்கும் இவ்வாறு பல கண்டங்களாக துடிக்கும் தன்மை இருக்கின்றது என்பதைப் பார்க்கலாம், 256 துடிப்பு எண் உள்ள இசைகவடிற்கு ஏற்ற இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாய்க்கு அருகில் 512 எண் போட்ட கவடை வைத்தவுடன் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்பட்டு சப்தம் அதிகமாகக் கேட்பதைக் கவனிக்கலாம். அதுபோலவே அதே குழாயின் அருகில் 768 எண்ணுள்ள இசைக்கவ்டை வைத்தாலும் அந்தக் குழாயிலிருக்கும் காற்றில் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்பட்டு சப்தம் அதிகமாக ஏற்படும். ஏனெனில் குழாயின் இரண்டு பக்கமும் திறந்திருப்பதால்



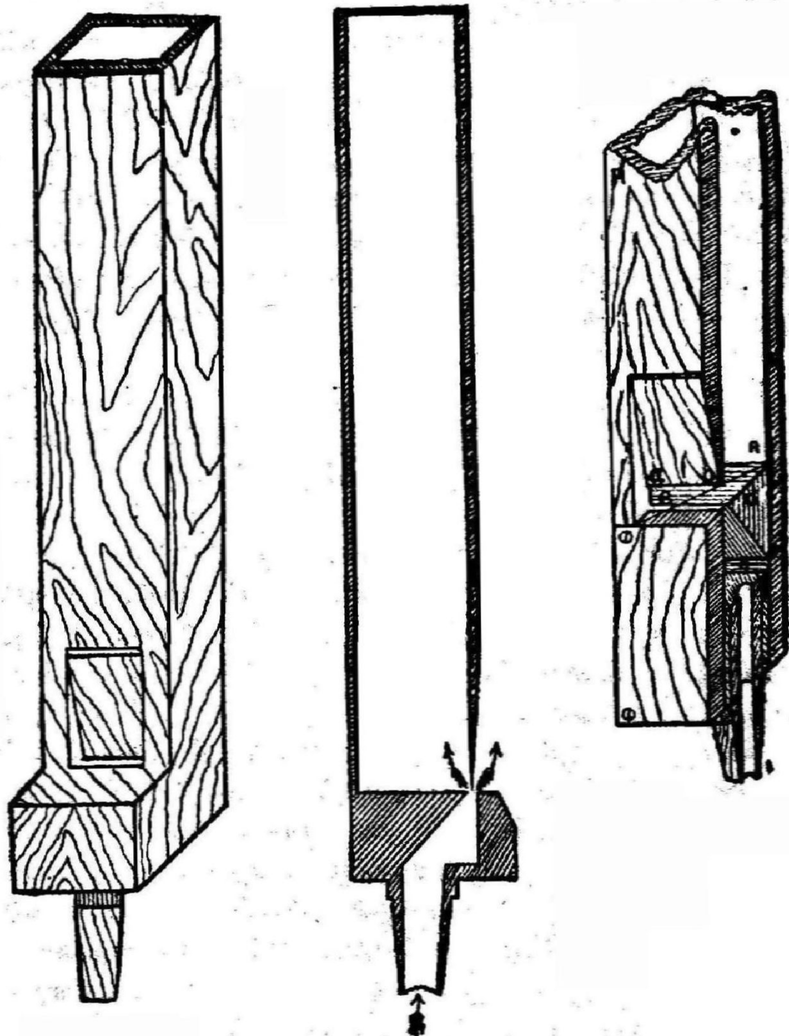
இரண்டு பக்கங்களும் திறந்த குழாயில் காற்றில் பல கண்டங்கள் உண்டாகும் விதத்தை விளக்கும் படம்

படம் 32

இரண்டு வாய்களிலும் எதிர்முடிகள்தான் உண்டாக வேண்டும். 256 எண்ணுள்ள இசைக்கவடை வைத்த போது குழாயிலிருக்கும் காற்று 32-ம் படத்தில் A என்ற இடத்தில் காணப்படுவதுபோல் இரண்டு அரை கண்டங்களாக அசைகின்றது. 512 எண் உள்ள இசைக்கவடை வைத்தவுடன் குழாயிலிருக்கும் காற்று B என்ற இடத்தில் காண்பிக்கப்படுவதுபோல் 4 அரை கண்டங்களாக அசைந்து சப்தத்தைப் பெருக்கிக் கொடுக்கின்றது. அதாவது 2 கண்டங்களாகின்றன. அதுபோலவே 768 எண்ணுள்ள இசைக் கவடை வைத்தவுடன், அதிலிருக்கும் காற்று ஆறு அரை கண்டங்கள் அதாவது மூன்று கண்டங்களாக துடித்து ரிஸொனன்ஸ் ஏற்பட்டு சப்தத்தை அதிகப்படுத்திக் கொடுக்கின்றது. இதை C என்ற இடத்தில் காணலாம். அதுபோலவே D என்ற இடத்தில் 4 கண்டங்களைப் பார்க்கலாம். இவ்வாறு குழாயிலிருக்கும் காற்றிற்கு ஒரு கண்டமாகவோ, 2 கண்டங்களாகவோ, 3 கண்டங்களாகவோ 4 கண்டங்களாகவோ, இதுபோன்று 5, 6...கண்டங்களாக அசையும் தன்மை இருக்கின்றது. அவைகளுக்கு ஏற்பட்ட துடிப்பு எண்களும், அதுபோலவே, ஒரு மடங்கு, 2 மடங்கு, 3 மடங்கு, 4 மடங்கு, 5, 6 மடங்குகளாக அதிகரித்துக்கொண்டே வரும்.

இப்பொழுது காற்றின் அசைவை ஆதாரமாய்க் கொண்ட (Organ Pipe) ஆர்கன் பைப் என்ற வாத்தியத்தின் அமைப்பைப்பார்த்து, அது சப்திக்கும்பொழுது ஏற்படும் நிலையாயிருக்கும் அலைகளில் முடிகளும் எதிர்முடிகளும் இருக்குமிடங்களை எப்படிக் கண்டுபிடிக்கலாம் என்பதையும் அறிவோம். அதன் அமைப்பை 33-ம் படத்திலிருந்து கவனிக்கும்பொழுது, தட்டை வடிவமுள்ள ஒரு நீளமான குழாயின் அடியில் C என்ற ஒரு சிறு பெட்டி சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றதைப் பார்க்கலாம். அந்தப் பெட்டியினடியில் t என்ற ஒரு சிறிய குழாய் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. குழாயின் ஒரு பக்கத்துப் பலகையின்

கீழ்பாகத்தில் a b என்பது சரிவாக வந்திருப்பதைப் படத்தில் காணலாம். அந்த சரிவிற்கு நேர் கீழே பெட்டியில் நீளமாக e d என்ற ஒரு துவாரம் செய்யப்பட்டிருக்கின்றது. கீழ்க்குழாயிலிருந்து காற்றை அனுப்புவித்தால்



ஆர்கன் பைப் என்னும் வாத்தியம்
படம் 33

அந்தக் காற்று பெட்டிக்கு வந்து, பெட்டியிலிருந்து சிறு துவாரத்தின் மூலமாகப் போய், a b என்ற சரிவான பாகத்தை மோதுகின்றது. அவ்வாறு மோதப்படும் பொழுது காற்றானது உள்ளும் புறமுமாக அசைகின்றது. அதனால் குழாயிலிருக்கும் காற்றில் துடிப்புகள் ஏற்பட்டு சப்தம் உண்டாகின்றது. ஒரு சிறு குழாயை அதன் விளிம்பில் உதட்டை வைத்துக்கொண்டு சாய்வாக ஊதினால் குழாயிலிருக்கும் காற்று எவ்வாறு சப்தம் செய்கின்றதோ, அதுபோலவே ஆர்கன் பைப்பில் துருத்தியிலிருந்து காற்றை அனுப்பிவித்தால், காற்று சரிவாக உள்ள பாகத்தில் மோதி சப்தம் உண்டுபண்ணப்படுகின்றது. ஆர்கன் பைப் வாத்தியத்தில் இரண்டு வகையுண்டு. அவை (Closed Organ Pipe) ஒரு பக்கம் திறந்தது, (Open Organ Pipe) இரண்டு பக்கமும் திறந்தது எனப்படும். முன்பு பார்த்த ஒரு பக்கம் திறந்த குழாய்க்கும், இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாய்க்கும் உள்ள வித்தியாசம், மேலே சொன்ன இரண்டு ஆர்கன் பைப்புகளுக்கும் இருக்கின்றன. தலைப் பக்கம் திறக்கப் பட்டிருக்கிற ஆர்கன் பைப்பின் சுருதி அதே நீளமுள்ளதும் தலைப்புறம் மூடப்பட்டும் இருக்கின்ற ஆர்கன் பைப்பின் சுருதியைக் காட்டிலும், இரண்டு மடங்கு அதிகமாக இருக்கும். இதைப் பரீக்ஷை செய்து தெரிந்துகொள்ளலாம். தவிர தலைப்பக்கம் திறக்கப் பட்டிருக்கிற ஆர்கன் பைப்பு சப்தம் செய்யும்பொழுது மேல் பக்கத்திலும் பெட்டியின் வாயிலும் வெளிக்காற்றுடன் சம்பந்தம் ஏற்படுவதற்கு வசதியிருப்பதால், இரண்டு இடங்களும் எதிர்முடிகளாகத்தானிருக்கவேண்டும். இரண்டு எதிர்முடிகளுக்கு மத்தியில் ஒரு முடி இருக்கவேண்டும். ஆகையினால் ஆர்கன் பைப்பின் நடு மத்தியில் முடி ஒன்று இருக்கவேண்டும். அதாவது பைப்பிலிருக்கும் காற்று இரண்டு அரை கண்டங்களாக அசையும். இம்மாதிரி ஆர்கன் பைப் சப்திக்கும்பொழுது குழாயில் ஏற்படும் இரண்டு எதிர்முடிகளையும் ஒரு முடியையும் கண்டுபிடிக்கக் கீழ்க்கண்ட சோதனையைச் செய்ய

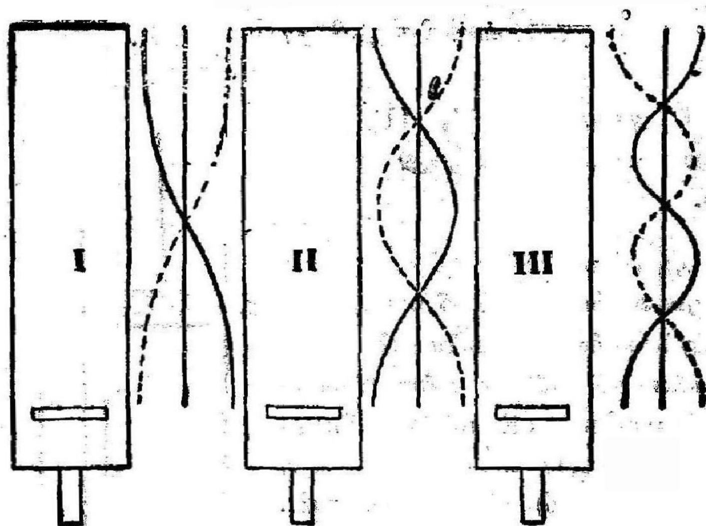
லாம். 34-ம் படத்தைப் பார்க்கவும். ஒரு பக்கம் பலகைக்கு பதிலாக கண்ணாடியுள்ள ஒரு ஆர்கன் பைப்பைக் காணலாம். அதன் அடியிலிருக்கும் குழாயைத் துருத்திக்குப் பொருத்தி அதன் வழியாகக் காற்றை அனுப்பலாம். ஒரு மெல்லிய தோலைத் தராசுத் தகடு மாதிரியாகச் செய்து ஆர்கன் பைப்பிற்குள் மேலும் கீழுமாக தாராளமாய்ச் செல்லும்படி நூலுடன் கட்டிவைத்துக்கொள்ளவேண்டும். தோல் மெல்லியதாகயிருப்பதால், அது எளிதில் துடிக்கும். அந்தத் தோலில், சலித்த சன்ன மணலை எடுத்துக்கொண்டு ஆர்கன் பைப்பை சப்தம் செய்யும்பொழுது, நூலின் உதவியால் ஆர்கன் பைப்பின் மேலேயிருந்து கீழே மெதுவாக தோல் தட்டை இறக்கிக்கொண்டே போகவேண்டும். கண்ணாடிக் கதவின் வழியாகத் தோலிலிருக்கும் மணலைப் பார்த்துக்கொண்டிருக்கவேண்டும். முதலில் ஆர்கன் பைப்பின் மேலேயிருக்கும்பொழுது மணல் குதிப்பதைக் கவனிக்கலாம். ஏனெனில், அவ்விடம் எதிர்முடி ஏற்படுவதால், அவ்விடமிருக்கும் காற்றில் அதிகமான அசைவு ஏற்படுகின்றது, அந்த அசைவு தோலை எளிதில் அசைக்கின்றது. அதனால் மணல் குதிப்

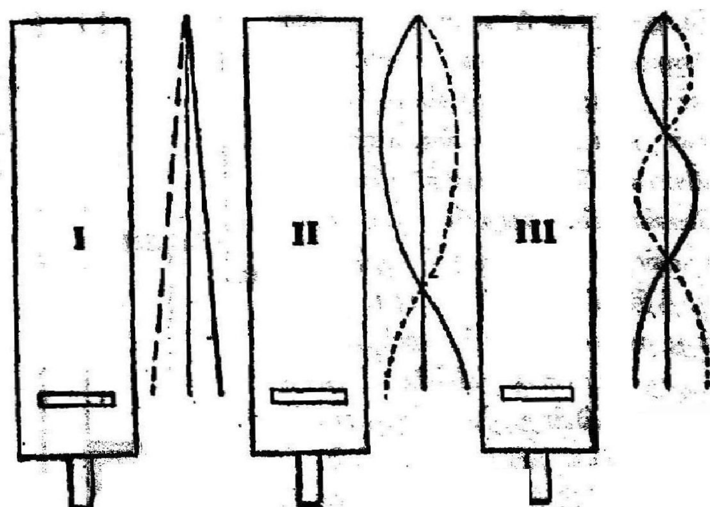


படம் 34. குழாயிலுள்ள காற்று நிரை துடிக்கும்போது முடிகளையும், எதிர்முடிகளையும் காண செய்யப்படும் சோதனையை விளக்கும் படம்

பதைக் கவனிக்கின்ருேம். ஆகையினுல் குழாயின் மேல் பக்கம் எதிர்முடி என்று மணலின் அசைவைக்கொண்டு சொல்லிவிடலாம். அதைக் கீழே இறக்கிக்கொண்டு வந்தால், குழாயின் நடுமையத்தை அடைந்தவுடன் மணல் அசையாமலிருக்கும். குழாயின் நடுமத்தியிலிருக்கும் காற்றில் அசைவு ஏற்படவில்லை என்றும், அங்கு முடி ஏற்படுகிறது என்றும் சொல்லிவிடலாம். அதேமாதிரியாக இன்னும் இறக்கிக்கொண்டு வந்து பெட்டியின் வாய்க்கு சமீபத்தில் வைத்திருக்கும்பொழுது மறுபடியும் மணல் குதிப்பதைக் கவனிக்கலாம். இதிலிருந்து அங்கு ஒரு எதிர்முடி உண்டாகிறதென்று சொல்லி விடலாம். ஆகையினுல் ஆர்கன் பைப்பிலிருக்கும் காற்றில் அது சப்திக்கும்பொழுது இரண்டு எதிர்முடிகளும், ஒருமுடியும் உண்டாகின்றன என்று சொல்லிவிடலாம்.

ஒரே நீளம் உள்ள, இருபுறமும் திறந்த குழாயிலிருக்கும் காற்று இரண்டு அரை கண்டங்களாகவோ அல்லது 4 அரை கண்டங்களாகவோ இம்மாதிரி அசைந்து சப்தம் செய்யலாம் என்று முன்பு பார்த்திருக்கிருேம். அது போலவே ஆர்கன் பைப்பில் வேகமாகக் காற்றைச் செலுத்தினுல் முதலில் கேட்ட சுருதிக்கு மேல் ஷட்ஜத்தைக் கேட்கலாம். முதலில் ஒரு கண்டமாக அசைந்தால் இப்பொழுது இரண்டு கண்டங்களாக அசைந்து தான் மேல் ஷட்ஜத்தைக் கொடுக்கக்கூடுமென்று தெரிந்துகொள்ளலாம். அதுபோலவே ஆர்கன் பைப்பில் இன்னும் வேகமாக காற்றைச் செலுத்தினுல் அதிலிருக்கும் காற்று மூன்று கண்டங்களாக அசைந்து முதலில் கேட்ட சுருதிக்கு 3 மடங்கு சுருதியுள்ள சப்தத்தைச் செய்கின்றது. இவ்வாறு மூன்று சுருதிகளும் ஏற்படும் பொழுது குழாயிலிருக்கும் காற்றில் ஏற்படும் கண்டங்கள் 35-ம் படத்தில் I, II, III, என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் படங்களில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அதுபோலவே தலைப்பக்கம் மூடப்பட்ட ஆர்கன் பைப்பிற்கு உண்டான கண்டங்



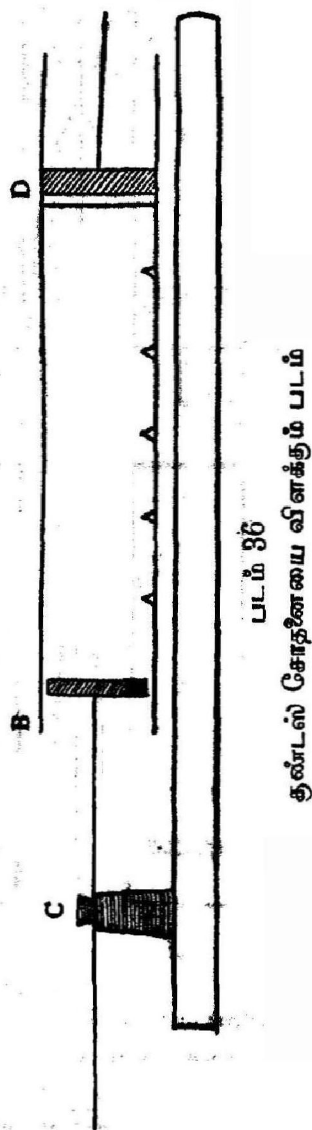


மேல்வரிசை படங்கள் மேல் முனை திறந்துள்ள ஆர்கன் பைப்பில் காற்றில் பல கண்டங்கள் உண்டாவதை விளக்குகின்றன.

கீழ்வரிசை படங்கள் மேல் முனை மூடியுள்ள ஆர்கன் பைப்பில் உண்டாகும் கண்டங்களை விளக்குகின்றன.

படம் 35

களின் அமைப்பை I', II', III', என்ற படங்களிலிருந்து காண லாம்.



படம் 36
குன்ட்ஸ் சோதனையை விளக்கும் படம்

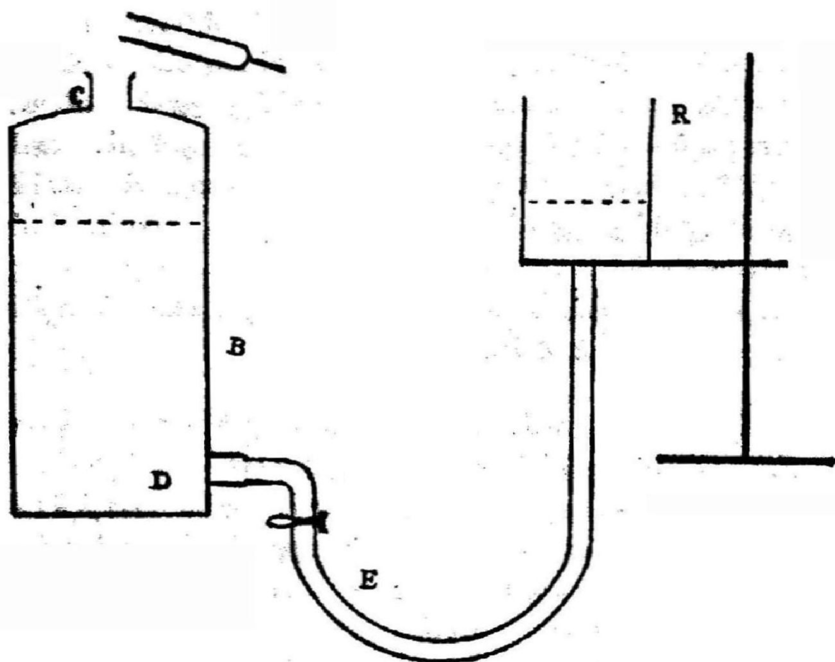
குழாய்களில் காற்று அசைவதனால் உண்டாகும் நிலையாயிருக்கும் அலைகளில் முடிகளையும், எதிர் முடிகளையும் சோதனையினால் கண்டுபிடிக்க (Kundt's Tube) குண்ட்ஸ் டியூப் என்ற மற்றொரு சோதனையையும் செய்யலாம். 36-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பதுபோல் A என்ற ஒரு நீள கண்ணாடிக் குச்சியை எடுத்துக் கொண்டு அதை அதன் மத்தியில் C என்றவிடத்தில் ஸ்டாண்டின் உதவியால் கெட்டியாக பிடிக்கப் படவேண்டும். அதன் ஒரு நுனி B D என்ற கண்ணாடிக் குழாயில் நுழைத்திருப்பதைப் படத்திலிருந்து கவனிக்கலாம். அந்த நுனியில் ஒரு கார்க்கு வில்லை சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றது. குழாயின் மற்றொரு பக்கத்தை அடைத்திருப்பதைப் படத்திலிருந்து காணலாம். கண்ணாடித்துண்டைக் குழாயில் நுழைப்பதற்குமுன் லேசாக உள்ள லிகொபோடியம் (Lycopodium) என்ற தூளையோ அல்லது கார்க்குத் தூளையோ குழாயின் நீளமுழுவதும் தூவி, அதற்கு அப்புறம் அதை நுழைக்கவேண்டும். அவ்வாறு செய்தபின் ஆல்கஹால் என்னும் திராவகத்தில் நனைக்கப்பட்ட பஞ்சை எடுத்துக்

கொண்டு நீளவாட்டத்தில் கண்ணாடிக்குச்சியை இழுத்த வுடன்; அதிகமான சுருதி உள்ள ஒரு சப்தம் கேட்கின்றதைக் கவனிக்கலாம்.

குழாயை சற்று முன்னும் பின்னுமாக தள்ளுவதினால் குழாய்க்குள்ளிருக்கும் காற்றில் ரிஸொானன்ஸ் ஏற்படுமாறு செய்யலாம். அம்மாதிரி ஏற்படுவதற்கு குழாயிலிருக்கும் காற்றில் உடனியக்கம் உண்டாகவேண்டும். அப்பொழுது குழாயிலிருக்கும் காற்றில் நிலையாயிருக்கும் அலைகள் ஏற்படும். எங்கெங்கே எதிர்முடிகள் உண்டாகின்றனவோ, அவ்விடமிருந்து கார்க்கு தூள் விலகி, அசைவற்றிருக்கும் முடிகளுக்கு சென்று குவியும். அம்மாதிரி ஏற்படுவதைப் பரீக்ஷையினால் காணலாம். கார்க் தூள் குவிந்து இருக்குமிடங்கள் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. கார்க்கு தூள் குவிவதையும் விலகுவதையும் கொண்டு குழாயிலிருக்கும் முடிகளையும் எதிர்முடிகளையும் கண்டுபிடிக்கலாம்.

இதுவரையிலும், குழாய்களிலிருக்கும் காற்று அசைவதைமட்டும் பார்த்தோம். குழாய்களில் மட்டுமல்ல; எந்தப் பாத்திரத்திலிருந்தபோதிலும், அந்த பாத்திரத்துக்குத் தகுந்தவாறு அதனுள்ளே இருக்கும் காற்றிற்கு இயற்கையான சுருதி ஒன்று உண்டென்று காணலாம். இதைக் கீழ்க்கண்ட எக்ஸ்பெரிமெண்டினால் அறியலாம். 37-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பதுபோல் B என்ற ஒரு பெரிய சீசா அதன் அடியில் உள்ள D என்ற துவாரத்தில் E என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் ரப்பர் குழாய் மூலமாக R என்ற பாத்திரத்துடன் சேர்க்கப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். பாட்டில் நிறைய தண்ணீரை எடுத்துக்கொண்டு மற்றொரு பாத்திரத்தைக் கீழே இறக்குவதனாலே பாட்டிலிலிருந்து தண்ணீரை இந்தப் பாத்திரத்திற்கு வரும்படி செய்யலாம். அதனால் பாட்டிலிலிருக்கும் காற்றின் அளவை அதிகப்படுத்தமுடியும். முதலில் பாட்

டில் நிறைய தண்ணீரை வைத்துக்கொண்டு ஒரு இசைக் கவடை தட்டி C என்று போட்டப்பட்டிருக்கும் பாட்டிலின் வாய்க்கு சமீபத்தில் வைத்து பாட்டிலிலிருந்து தண்ணீரை மெதுவாக மற்றொரு பாத்திரத்தின் உதவியைக்கொண்டு அப்புறப்படுத்தி, எப்பொழுது கணீர் என்று ஒலி ஏற்படுகின்றதோ, அப்பொழுது பாட்டிலிலிருந்து நீர் வெளிச்



ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள காற்றின் சுருதியை நிரூபிக்கும் சோதனையை விளக்கும் படம்

படம் 37

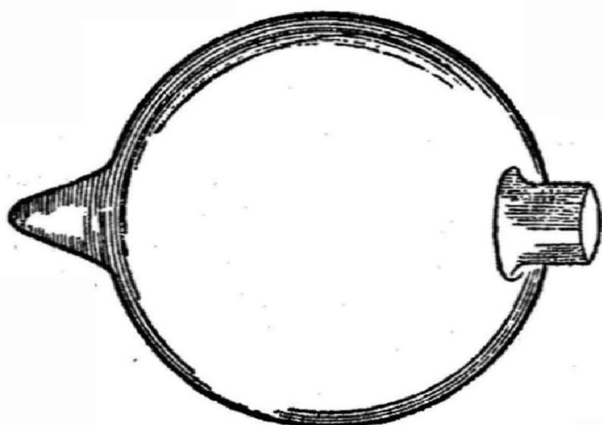
செல்லுவதை நிறுத்திவிடவேண்டும். பாட்டிலிருக்கும் காற்றில் உடனியக்கம் ஏற்படுவதினால் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்

பட்டு அந்த சப்தம் உண்டாகின்றது. பாட்டிலிருக்கும் காற்றின் சுருதி இசைக்கவடின் துடிப்பு எண்ணே ஆகும். அங்கிலேயில் பாட்டிலிருக்கும் காற்றின் அளவை (Volume) அளவு பாத்திரத்தில் (Measuring Jar) தண்ணீரை எடுத்துக்கொண்டு பாட்டிலே நிரப்புவதால் கண்டு பிடித்துவிடலாம். அதேமாதிரியாக மற்றொரு இசைக் கவடை எடுத்துக்கொண்டு அதற்கு ஏற்பட்ட காற்றின் அளவைக் கண்டுபிடித்துவிடலாம். இவ்வாறு பல இசைக் கவடுகளுக்குக் கண்டுபிடித்துப் பார்க்குங்கால் காற்றின் பருமன் அளவு அதிகமாக அதற்கு உண்டான இயற்கை சுருதி குறைவதைக் கவனிக்கலாம். குழாய்களிலிருக்கும் காற்றைப் பரிசைஷசெய்து பார்த்தபொழுது குழாயின் நீளத்தை இரட்டித்தால், அதிலிருக்கும் காற்றின் சுருதி சரிபாதியாகின்றதைக் கவனித்தோம். ஆனால் இவ்விடம் காற்றின் சுருதியை முதலிலிருப்பதைக் காட்டிலும் பாதியாகச் செய்யவேண்டுமென்றால் முதலிலிருந்த காற்றின் பருமன் அளவைக் காட்டிலும் இரண்டாவது பருமன் அளவை நான்கு மடங்காகச் செய்யவேண்டுமென்று பரிசைஷயினால் தெரிந்துகொள்ளலாம்.

ஆகையால் எந்த அமைப்புள்ள பாத்திரத்தில் காற்று இருந்தபோதிலும் அதற்குத் தகுந்த சுருதியுள்ள ஒரு சப்தத்தின் மூலமாக அதை துடிக்கச்செய்து சப்தத்தை அதிகப் படுத்தலாம் என்று தெரிந்துகொள்ளுகிறோம். இந்தக் கருத்து எல்லா சங்கீத வாத்தியங்களிலும் உபயோகப் படுத்தப் பட்டிருக்கின்றது. பாட்டிலிலோ, குழாயிலோ, இருக்கும் காற்றை அவ்வாறு எடுத்துக்கொள்ளும்பொழுது அவைகளுக்கு (Resonators) ரிஸொனேட்டர்கள் என்று சொல்லப்படும்.

எல்லா சப்தங்களும் பரிவார சுருதிகளுடன் கலந்து வருகின்றன என்று முன்பு பார்த்தோம். அவ்வாறு வரும் பரிவார சுருதிகளைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு (Helmholtz)

ஹெம்ஹோல்ஷ் என்ற விஞ்ஞானி உபயோகப்படுத்தின ரிஸோனேடரை இப்பொழுது பார்ப்போம். இதன் அமைப்பை 38-ம் படத்தில் காணலாம். இது இரண்டாவதாக நாம் பார்த்த பாட்டில் ரிஸொனேடர் வகுப்பைச் சேர்ந்தது. அது கோள வடிவத்தோடும் சிறு கழுத்துடனு



ஹெம்ஹோல்ஷ் ரிஸோனேடர்
படம் 38

மிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அதில் மற்ருெரு சிறு துவாரமுள்ள குழாயிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அதற்கு (Nipple) நிப்பிள் என்று பெயர். பாட்டிலில் இருக்கும் காற்றின் பருமன் அளவிற்குத் தகுந்தாற்போல் அதற்கு ஒரு சுருதி உண்டு என்று முன்பே பார்த்திருக்கிறேம். ஆகையினுல் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கும் அளவிற்குத் தகுந்தாற்போல் அதற்கு ஒரு சுருதி உண்டு என்று அறியவேண்டும். முதல் முதலாக எல்லா சப்தங்களும் பரிவார சுருதிகளுடன் கலந்துவருகின்றன என்றும், அவைகளினுல்தான் ஒவ்வொரு வாத்தியத்திலிருந்து வரும் சப்தத்தை வெவ்வேருக அறிகின்ரேமென்றும் கண்டு பிடித்தவர் ஹெம்ஹோல்ஷ். இவர் இம்மாதிரி அனேக

பாட்டில்களை வைத்துக்கொண்டு ஒவ்வொரு வாத்தியத்திலிருந்து வரும் சப்தத்தில் எவ்வளவு பரிவார சுருதிகள் இருக்கின்றன வென்றும், அவைகளின் பலம் எம்மட்டு மென்றும் கண்டுபிடித்திருக்கிறார். அவ்வாறு எளிதாகக் கண்டுபிடிப்பதற்குத்தான் பாட்டிலில் மற்றொரு பக்கத்தில் (Nipple) நிப்பிள் வைத்திருக்கின்றது. அந்த நிப்பிளைக் காதில் அமுக்கிக்கொண்டு எந்த சப்தத்தைப் பரீக்ஷை செய்கிறோமோ அதுவரும் திசையை நோக்கி பாட்டிலைக் காண்பித்தால், அந்த சப்தத்தில் பாட்டிலிற்கு உண்டான சுருதி இருக்கும் பக்ஷத்தில் சப்தம் கேட்கும். இம்மாதிரி பரிசோதனைசெய்து பரிவார சுருதிகளைக் கண்டுபிடித்தார். இதை பின்பு பார்ப்போம்.

ரிஸொனன்ஸின் கருத்தைக்கொண்டுதான் இசைக் கவடின் சப்தத்தை அதிகப்படுத்த அதைப் பெட்டியி லிணைக்கப் பட்டிருக்கின்றது. தனியாக ஒரு இசைக் கவடைத் தட்டி கையில் வைத்துக்கொண்டால், அதன் ஒலி யைக் கேட்கக்கூடவில்லை. அதன் அடிப்பாகத்தை மேஜை யின்மீது அமுக்கினால் அதன் ஒலி கேட்கின்றது. அவ்வா றில்லாமல், அதற்குத்தகுந்த பெட்டி ஒன்று எடுத்துக் கொண்டு அதன்மேல் வைத்துத் திருகிவிட்டால் அதைத் தட்டின மாத்திரத்தில் சப்தம் அதிகமாக ஏற்படுகின்றது. பெட்டியின் அமைப்பைப் பார்க்குங்கால் அதை ஒரு பக்கம் திறந்த குழாய்க்கு ஒப்பிடலாம் என்று அறியலாம். அதி லிருக்கும் காற்றின் சுருதியும் இசைக் கவடின் சுருதிக்கு ஒத்ததாயிருக்கும். ஆகையினால் இசைக் கவடைத் தட்டிய வுடன், அதிலிருந்து அதிர்ச்சி பெட்டிக்குப்பரவி, பெட்டி முழுவதும் அசைவதினாலும், தவிர பெட்டிக்குள்ளிருக்கும் காற்றிற்கு அதிர்ச்சி பரவி உள்ளிருக்கும் காற்று உடன் இயங்குவதாலும், சப்தம் அதிகமாக ஏற்படுகின்றது என்று அறியவேண்டும்.

கேள்விகள்

28. ரிஸொனன்ஸ் என்ற கருத்தை விளக்க ஒரு பரிசோதனையை எழுதுக.

29. உடனியக்கம் என்றால் என்ன? இதை விளக்கிக் காட்ட ஒரு சோதனை கூறுக.

30. ஒருபக்கம் திறந்த குழாய்களிலிருக்கும் காற்று துடிக்கும்பொழுது அதன் சுருதிக்கும், நீளத்திற்கும் உள்ள சம்பந்தத்தை எப்படி பரீக்ஷை செய்து தெரிந்துகொள்ளுவாய்?

31. ஒரு பக்கம் திறந்த குழாயிலிருக்கும் காற்றின் சுருதிக்கும் அதே நீளமுள்ளதும் இரண்டுபக்கமும் திறந்த குழாயிலிருக்கும் காற்றின் சுருதிக்கும் என்ன சம்பந்தம்? இதன் காரணம் என்ன?

32. ஒருபக்கம் திறந்த குழாயிலிருக்கும் காற்றில் ரிஸொனன்ஸ் ஏற்படும்பொழுது அதன் உயரம் ரிஸொனன்ஸை உண்டு பண்ணும் இசைக்கவடின் வைபரேஷன் எண்ணிற்கு உண்டான ஒலி அலையின் நீளத்தில் நான்கில் ஒருமடங்காகவிருக்கின்றது. இதற்கு எவ்வாறு சமாதானம் கூறுவாய்?

33. காற்றில் ஒலியின் வேகத்தை எப்படி சோதனை செய்து கண்டுபிடிப்பாய்?

34. குழாய்களிலிருக்கும் காற்று பல கண்டங்களாக துடிக்கும் என்பதை நிரூபிக்க ஒரு சோதனையை விவரிக்கவும்.

35. ஒரு பக்கம் திறந்த குழாய்களிலிருக்கும் காற்றின் கண்டங்களைப் படத்தில் வரைந்து காட்டுக. அதுபோலவே இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாய்களிலிருக்கும் காற்றின் கண்டங்களுக்கும் படங்கள் வரையவும்.

36. ஆர்கன் பைப்பின் அமைப்பைப் படத்தில் காட்டி அதைப்பற்றி எழுதுக.

37. ஆர்கன் பைப்பிலிருக்கும் காற்றில் நிலையாயிருக்கும் அலைகள் உண்டாகும்பொழுது ஏற்படும் முடிகள், எதிர்முடிகள் இவைகளை எவ்வாறு கண்டு பிடிப்பாய்?

38. ஒரு பக்கம் திறந்த ஆர்கன் பைப்பிலும், இரண்டு பக்கம் திறந்த ஆர்கன் பைப்பிலும் காற்று பல கண்டங்களாக துடிக்கும் விதத்தைப் படத்தில் வரைந்து காட்டி அதை விவரித்து எழுதவும்.

39. "**Kundt's Tube**" குண்ட்ஸ் டியூப் என்று சொல்லப்படும் பரிசோதனையை விவரித்து அதன் கருத்தை எழுதுக.

40. ஒரு பாட்டிலிலிருக்கும் காற்றிற்கும் அதில் ரிஸொனன்ஸை ஏற்படுத்தும் இசைக்கவடின் துடிப்பு எண்ணிற்கும் உள்ள சம்பந்தத்தை அறிய ஒரு பரிசோதனையை விவரிக்கவும்.

41. ஹெம்ஹோல்ஷ் ரிஸொனேடரின் அமைப்பைப் படத்தில் காண்பித்து அதன் உபயோகத்தை எழுதவும்.

அத்தியாயம் 5

(Intervals, Musical Scale and Temperament)

இன்டர்வல்கள், மியூஸிகல் ஸ்கேல், டெம்பரமெண்டு

[மியூஸிகல் ஸ்கேல்—இண்டர்வல்—மேஜர், மைனர் ஸ்கேல்கள்—மேஜர் ஸ்கேலிற்கு உண்டான இண்டர்வல்களும் அவைகளின் பெயர்களும்—மைனர் ஸ்கேலிற்கு உண்டான இண்டர்வல்கள்—எல்லா இண்டர்வல்களின் பெயர்களும், அவைகளின் எண்களும்—டெம்பரமெண்டும் அதன் கருத்தும்—ஈக்வல் டெம்ப்ரமெண்டு — கன்கார்டு, டிஸ்கார்டு — கன்கார்டண்டு டிரயர்ட்ஸ்—வாதி ஸம்வாதி ஸ்வரங்கள்—கன்கார்டெண்டு இண்டர்வல்களும், டிஸ்கார்டண்டு இண்டர்வல்களும் — விவாதி தோஷத்திற்கு ஹெம்ஹோல்ஷின் சமாதானம்.]

சப்தங்களின் சுருதியோ, அதன் ஏற்றத்தாழ்வோ, ஸங்கதிகளின் வேறுபாடுகளோ இவையும், இவைகளால் ஏற்படும் இன்ப உணர்ச்சியும், பொதுவாக ஸங்கீதம் எனப்படும். ஸங்கீதத்திற்கு முக்கியமாக மூன்று அம்சங்கள் உண்டு. அவை (Rhythm, Melody, Harmony) எனப்படும். முறையே இவற்றை லய இசை என்றும், ஒழுங்கு இசை, ஒருங்கு இசை என்றும் குறிப்பிடலாம். லய இசை எனப்படுவது ஒலிகளுக்கு இடையே உள்ள கால அளவை குறிக்கும். ஒழுங்கு இசை எனப்படுவது ஒலிகளைச் சுருதி ஏற்றத்தாழ்வுகளுடன் அடுத்தடுத்து தொகுதிகளாக உச்சரிக்கும்போது, அவைகளினிடையே உண்டாகும் சம்பந்தத்தினுல் ஏற்படும் இன்ப உணர்ச்சியைக் குறிக்கும். ஒருங்கு இசை எனப்படுவது, பல ஒலிகளை சேர்ந்தாற் போல உச்சரிக்கும்போது உண்டாகும் இன்ப உணர்ச்சியைக் குறிக்கும். மேனுட்டார்கள் ஒருங்கு இசையைப் பிரதானமாகக் கொண்டு அவர்கள் சங்கீதத்தை அபிவிருத்தி

செய்துவருகின்றார்கள். கர்நாடக சங்கீதத்தில் ஒழுங்கு இசை என்ற அம்சமே முக்கிய ஸ்தானத்தைப் பெற்றிருக்கிறது. ஒழுங்கு இசையில் சப்தங்களின் சுருதியை மாற்றும் பொழுது தொடர்ந்து மாற்றாமல் படிப்படியாக மாற்றுவதை முக்கியமாக கவனிக்கவேண்டும். அம்மாதிரியுள்ள படிக்கட்டுகளை, ஸ்வரஸ்தானங்கள் என்று சொல்லுகிறோம். உதாரணமாக ஸ என்று ஒரு சுருதியில் சப்தம் செய்தோமென்றால், பிறகு அதற்கு அடுத்த ரி என்ற ஸ்தானத்தைப் பிடிக்கின்றோம். ரி என்ற சப்தத்தின் சுருதி ஸ என்ற சப்தத்தின் சுருதியைக் காட்டிலும் அதிகமானது. மறுபடியும் க என்று சொல்லும்பொழுது, இன்னும் அதிகமான சுருதியுள்ள சப்தத்தை உண்டு பண்ணுகிறோம். இம்மாதிரியாக சுருதியைப் படிப்படியாக ஏற்றிக்கொண்டுபோய் மறுபடியும் அதேமாதிரியாகக் கீழே சுருதியை இறக்கிக்கொண்டு வருகிறோம். இந்த ஆரோஹண அவரோஹணக்கிரமத்திற்கு (Musical Scale) மியூஸிகல் ஸ்கேல் என்று சொல்லப்படும். இதையே நாம் மேளகர்த்தா என்று குறிப்பிடுகிறோம். கீழ்ஷட்ஜம் முதல் மேல் ஷட்ஜம் உள்பட ஒரு ஸ்தாயியில் 8 ஸ்வரஸ்தானங்களிருக்கின்றன. அவைகளை ஸரிகமபதநிஸ் என்று நாம் குறிப்பிடுவோம். (C D E F G A B C') என்று மேனாட்டார்களின் ஸங்கீதத்தில் குறிப்பிடப்படும். அதாவது 8 படிக்கட்டுகள் இருக்கிறதாக வைத்துக்கொள்ளலாம். ஆனால் ஒரு படிக்கட்டிற்கும் மற்றொரு படிக்கட்டிற்கும் உள்ள இடைவெளி மேலே செல்லச்செல்ல ஒன்றாக இருப்பதில்லை. ஒரு சுருதிக்கும், மற்றொரு சுருதிக்கும் உள்ள இடைவெளி (Interval) இண்டர்வல் என்று சொல்லப்படும். அவைகளில் அதிகமான சுருதியுள்ள சப்தத்தின் துடிப்பு எண்ணைக் குறைந்த சுருதியுள்ள துடிப்பு எண்ணினால் வகுத்து வருகின்ற எண், இரண்டு சுருதிகளுக்கும் உள்ள இடை வெளியைக் குறிக்கும். இந்தக் கணக்கின்படிகீழ் ஷட்ஜத்திற்கும் மேல் ஷட்ஜத்திற்கும் உள்ள இடைவெளி 2. ஏனெனில் மேல்ஷட்ஜத்திற்கு உண்டான

சப்தத்தின் துடிப்பு எண், கீழ் ஷட்ஜத்திற்கு உண்டான சப்தத்தின் துடிப்பு எண்ணிற்கு இரண்டு மடங்காக இருக்கின்றது. இந்த இடைவெளிக்கு பெயரும் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இதை ஆக்டேவ் (Octave) என்று சொல்லுவார்கள். (Major Scale) மேஜர் ஸ்கேல் என்றும் (Minor Scale) மைனர் ஸ்கேல் என்றும் இரண்டு மேளகர்த்தாக்கள் ஆங்கிலேயர் ஸங்கீதத்தில் உண்டு. மேஜர் ஸ்கேல் என்பது சங்கராபரண மேளத்தைப்போலிருக்கும். அதிலிருக்கும் ஸ்தானங்களை ஸ ரி க ம ப த நி ஸ், அல்லது (C D E F G A B C') என்று குறிப்பிட்டு, அவைகள் ஒவ்வொன்றிற்கும் இடையேயுள்ள இடைவெளியைப் பார்ப்போம். மேஜர்ஸ்கேலில் வருகிற எட்டு நோட்டுகளை 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 என்று கீழ் ஷட்ஜத்திலிருந்து மேல் ஷட்ஜம் வரையில் குறிப்பிட்டால் 1, 2 இரண்டிற்கும் உள்ள இடைவெளி Second (ஸகிண்ட்) என்றும்; 1—3 இரண்டிற்கும் உள்ள இடைவெளி (Major Third) மேஜர் தேர்டு என்றும்; 1—4 இரண்டிற்கும் உள்ள இடைவெளி (Fourth) போர்த்து என்றும்; 1—5-க்கும் உள்ள இடைவெளி (Fifth) பிப்த்து என்றும்; 1—6-க்கும் உள்ள இடைவெளி (Major Sixth) மேஜர் ஸிக்ஸ்த் என்றும்; 1—7-க்கும் உள்ள இடைவெளி (Major Seventh) மேஜர் ஸெவெந்த் என்றும்; 1—8-க்கும் உள்ள இடைவெளி (Octave) ஆக்டேவ் என்றும் சொல்லப்படும். மேற்கண்ட இடைவெளிகளின் எண்கள் கீழே குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன.

(Major Scale) மேஜர் ஸ்கேல்

C - D ஸ - ரி	$\frac{9}{8}$	C - E ஸ - க	$\frac{5}{4}$	C - F ஸ - ம	$\frac{4}{3}$		
C - G ஸ - ப	$\frac{3}{2}$	C - A ஸ - த	$\frac{5}{3}$	C - B ஸ - நி	$\frac{15}{8}$	C - C' ஸ - ஸ்	2

உதாரணமாக ஆரம்ப சுருதியின் துடிப்பு எண்ணை 264 என்று வைத்துக்கொண்டு மேஜர் ஸ்கேலில் ஏற்படும்

ஸ்தானங்களின் துடிப்பு எண்கள் கீழே குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன :

ஸ	ரி	க	ம	ப	த	நி	ஸ்
C	D	E	F	G	A	B	C′
264	297	330	352	396	440	495	528

முன்பு சொன்ன இடைவெளிகள் ஆதார ஷட்ஜத்திலிருந்து ஒவ்வொரு ஸ்தானத்திற்கும் உள்ளதைக் குறிக்கின்றன. இப்பொழுது ஒவ்வொன்றிற்கிடையே உள்ள இடைவெளிகளைப் பார்ப்போம். அவ்வாறு பார்த்தால் கீழ்கண்டவாறு இருப்பதைக் காணலாம்,

C - D / ஸ - ரி	$\frac{9}{8}$	D - E / ரி - க	$\frac{10}{9}$	E - F / க - ம	$\frac{16}{15}$	F - G / ம - ப	$\frac{9}{8}$
G - A / ப - த	$\frac{10}{9}$	A - B / த - நி	$\frac{9}{8}$	B - C′ / நி - ஸ்	$\frac{16}{15}$		

இவ்வாறு ஒரு ஸ்தாயியில் ஏழு இண்டர்வல்கள் இருக்கின்றன. அவைகளை 9/8, 10/9, 16/15 என்ற மூன்று வகுப்பாகப் பிரிக்கலாம். கீழ் ஷட்ஜத்திலிருந்து மேல் ஜட்ஜம் போவதற்குள் மூன்று இண்டர்வல்கள் 9/8 ஆகவும், இரண்டு இண்டர்வல்கள் 10/9 ஆகவும் மற்றும் இரண்டு இண்டர்வல்கள் 16/15 ஆகவும் இருக்கின்றன. இந்த இண்டர்வல்களுக்குப் பெயர்கள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன. 9/8 என்ற இடைவெளிக்கு (Major Tone) மேஜர் டோன் என்றும், 10/9 என்ற இடைவெளிக்கு (Minor Tone) மைனர் டோன் என்றும் 16/15 என்ற இடைவெளிக்கு (Semi Tone) ஸெமி டோன் என்றும் பெயர். இம் மூன்றில் பெரியது மேஜர் டோன். அடுத்தாற்போல் மைனர் டோன். மிகவும் சிறியது ஸெமி டோன். ஆகையால் இந்த ஸ்கேலில் குறைந்த இடைவெளி ஸெமி டோன் என்று தெரிகின்றது.

இதே மாதிரியாக மேனுட்டார்களால் உபயோகப்படுத்தப்படும் மற்றொரு ஸ்கேலில் அதாவது மைனர் ஸ்கேலில் இருக்கும் இடைவெளிகளை இப்பொழுது கவனிப்போம். இந்த மேளத்திலும் ஏழு நோட்டுகள் ஒரு ஸ்தாயியில் உண்டு. ஆனால் சில நோட்டுகளின் ஸ்தானங்கள் முன் சொன்ன நோட்டுகளின் ஸ்தானங்களிலிருந்து சற்று விலகியிருக்கின்றன. ஆதார ஷட்ஜம், மத்தியமம், பஞ்சமம் மேல் ஷட்ஜம் இவைகள் மேஜர் ஸ்கேலுக்கு உள்ளது போல் இங்கும் அதே ஸ்தானங்களில் இருக்கின்றன. 2, 3, 6, 7 இவைகள் மாறியிருக்கின்றன. முன்போல இந்த ஸ்கேலில் ஏற்படும், 1, 2 இவைகளுக்கு இடையே உள்ள இண்டர்வலுக்கு (Minor Second) மைன்ர் ஸகிண்ட் என்றும், 1, 3 இவைகளுக்கு இடையே உள்ள இண்டர்வலுக்கு (Minor Third) மைனர் தேர்ட் என்றும், 1, 6 இரண்டிற்கும் இடையே உள்ள இடை வெளிக்கு (Minor Sixth) மைனர் ஸிக்ஸ்த் என்றும், 1, 7 இரண்டிற்கும் இடையே உள்ள இண்டர்வலுக்கு (Minor Seventh) மைனர் ஸெவந்த் என்றும் பெயர் சொல்லப்படுகின்றன. ஆரம்பசுருதியின் துடிப்பு எண்ணை 264 என்று வைத்துக்கொண்டு, மைனர் ஸ்கேலில் ஏற்படும் ஸ்தானங்களின் துடிப்பு எண்களைக் கீழே காணலாம்.

ஸ	ரி	க	ம	ப	த	நி	ஸ்
C	D	E	F	G	A	B	C′
264	$281^3/_5$	$316^4/_{15}$	352	396	$422^2/_5$	$469^1/_3$	528

எல்லா இண்டர்வல்களின் பெயர்களும் அவைகளின் எண்களும் கீழே குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன.

மைனர் ஸகிண்ட்	(Minor Second)	...	16/15
ஸகிண்ட்	(Second)	...	9/8
மைனர் தேர்ட்	(Minor Third)	...	6 5
மேஜர் தேர்ட்	(Major Third)	...	5/4

போர்த்து	(Fourth)	...	4/3
பிப்து	(Fifth)	...	3/2
மைனர் ஸிக்ஸ்த்	(Minor Sixth)	...	8/5
மேஜர் ஸிக்ஸ்த்	(Major Sixth)	...	5/3
மைனர் ஸெவன்த்	(Minor Seventh)	...	16/9
மேஜர் ஸெவன்த்	(Major Seventh)	...	15/8
ஆக்டேவ்	(Octave)	...	2/1

டெம்பரமெண்ட்

மேஜர் ஸ்கேலில் ஏற்படும் ஸ்தானங்களுக்குத் தகுந்தபடி ஒரு வாத்தியத்தில் ரீடுகள் அமைக்கப்பட்டிருப்பதாக வைத்துக்கொள்ளுவோம். அவைகள் எட்டிற்கும் C, D, E, F, G, A, B, C' என்று வழக்கம்போல் பெயரிட்டு C என்ற கட்டையிலிருந்து ஆரம்பம் செய்து ஒவ்வொன்ருக அமுக்கிக்கொண்டே வந்தால் மேஜர் ஸ்கேலுக்கு உண்டான நோட்டுகள் ஏற்படும். மேஜர் டோன், மைனர் டோன், ஸெமி டோன், மேஜர் டோன், மைனர் டோன், மேஜர் டோன், ஸெமி டோன் இந்த கிரமப்படி நோட்டுகள் உண்டானுல்தான் மேஜர் ஸ்கேலை வாசிக்கமுடியும். இப்பொழுது D (ரி) என்ற கட்டையை ஆரம்ப ஷட்ஜமாக வைத்துக்கொண்டு மேஜர் ஸ்கேலை வாசிக்கவேண்டுமென்ருல் முடியாது. ஏனெனில் மேஜர் ஸ்கேலில் ஏற்படும் ஸ்தானங்களின் துடிப்பு எண்கள் கீழ் ஷட்ஜத்தை 264 என்று எடுத்துக்கொண்டால் கீழ்க்கண்டவாறு இருக்குமென்று முன்பு பார்த்தோம்.

ஸ	ரி	க	ம	ப	த	நி	ஸ்
C	D	E	F	G	A	B	C'
264	297	330	352	396	440	495	528

இப்பொழுது 297 துடிப்பு எண் உள்ள ரிஷப ஸ்தானத்தை ஆதார ஷட்ஜமாக வைத்துக்கொண்டால் அதனுடைய ரிஷப ஸ்தானத்தின் சுருதி 334⅛ ஆக இருக்கவேண்

டும். அப்பொழுதுதான் ஒரு மேஜர்டோன் இடைவெளி உண்டாகும். அதுபோலவே காந்தாரத்தின் துடிப்பு எண் $371\frac{1}{4}$ ஆகவும் மத்தியமம் 396 ஆகவும், பஞ்சமம் $445\frac{1}{2}$ ஆகவும், தைவதம் 495 ஆகவும், நிஷாதம் $556\frac{7}{8}$ ஆகவும், மேல்ஷட்ஜம் 594 ஆகவும் ஏற்படவேண்டும். இந்த ஸ்தானங்களில், சில ஸ்தானங்கள் வாத்தியத்தில் இல்லா திருப்பதை கவனிக்கலாம். ஆகையினால் ரிஷப ஸ்தானத்தை ஆதார ஷட்ஜமாக வைத்துக்கொண்டு மேஜர் ஸ்கேலை வாசிக்கவேண்டுமென்றால் புதிதாக ஸ்தானங்கள் வாத்தியத்தில் அமைக்கவேண்டும். ஒரு ஸ்தானத்திற்கு, அதன் கீழ் ஷட்ஜத்தை பிரயோகப்படுத்தக் கூடுமானால், புதிதாக வேண்டுகின்ற ஸ்தானங்களின் துடிப்பு எண்கள் $334\frac{1}{8}$, $371\frac{1}{4}$, $445\frac{1}{2}$, $556\frac{7}{8}$, என்று தெரிகின்றது.

Tonic	Second	Major Third	Fourth	Fifth	Major Sixth	Major Seventh
C, 264	297	330	352	396	440	495
D, 297	$334\frac{1}{8}$	$371\frac{1}{4}$	396	$445\frac{1}{2}$	495	$556\frac{7}{8}$
E, 330	$371\frac{1}{4}$	$412\frac{1}{2}$	440	495	550	$618\frac{3}{4}$
F, 352	396	440	$469\frac{1}{3}$	528	$586\frac{2}{3}$	660
G, 396	$445\frac{1}{2}$	495	528	594	660	$742\frac{1}{2}$
A, 440	495	550	$586\frac{2}{3}$	660	$733\frac{1}{3}$	825
B, 495	$556\frac{1}{8}$	$618\frac{3}{4}$	660	$742\frac{1}{2}$	825	$928\frac{1}{8}$

மேஜர் ஸ்கேல் இடைவெளிகளுக்குண்டான
துடிப்பு எண்களின் பட்டியல்
படம் 39

இம்மாதிரியாக காந்தாரத்தையோ, மத்தியமத்தையோ, அல்லது மேல் ஷட்ஜம் வரையில் உள்ள ஏதாவது ஒரு ஸ்தானத்தை ஆதார ஷட்ஜமாக வைத்துக்கொண்டு, மேஜர் ஸ்கேலில் வாசிக்க வேண்டுமென்றால் புதிதாக அனேக ஸ்தானங்கள் வாத்தியத்தில் ஏற்படுத்தவேண்டு மென்பதை அறியலாம். ஒவ்வொரு ஸ்தானத்தையும் ஆதார ஷட்ஜமாக வைத்துக்கொண்டு மேஜர் ஸ்கேலில் ஏற்படும் இடைவெளிக்கு உண்டான துடிப்பு எண்களை 39-ம் படத்திலிருந்து காணலாம். முதல் கட்டத்தில் ஆதார ஷட்ஜமாக வைத்துக்கொள்ளும் ஸ்தானங்களைக் கீழே வரிசையாகக் குறிப்பிட்டிருக்கின்றது. ஒவ்வொரு ஸ்தானத்திற்கு நேரே குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் துடிப்பு

Tonic	Minor Second	Minor Third	Minor Sixth	Minor Seventh
C, 264	$282\frac{3}{5}$	$316\frac{4}{5}$	$422\frac{2}{5}$	$469\frac{1}{3}$
D, 297	$316\frac{4}{5}$	$356\frac{2}{5}$	$475\frac{1}{5}$	528
E, 330	352	396	528	$586\frac{2}{3}$
F, 352	$375\frac{1}{15}$	$422\frac{1}{5}$	$563\frac{1}{5}$	$625\frac{1}{9}$
G, 396	$422\frac{2}{5}$	$475\frac{1}{5}$	$633\frac{3}{5}$	704
A, 440	$469\frac{1}{3}$	528	704	$782\frac{2}{9}$
B, 495	528	594	792	880

மைனர் ஸ்கேல் இடைவேளிகளுக்குண்டான

துடிப்பு எண்களின் பட்டியல்

படம் 40

எண்கள் அந்தந்த ஸ்தானத்தை ஆதார ஷட்ஜமாக வைத்துக்கொள்ளும்பொழுது ஏற்படும் நோட்டுகளின் துடிப்பு எண்கள். அதேமாதிரியாக அதே வாத்தியத்தில் ஒவ்வொரு ஸ்தானத்தையும் ஆதார ஷட்ஜமாக வைத்துக்கொண்டு மைனர் ஸ்கேலில் வாசிக்கவேண்டுமென்ருல் அப்பொழுது ஒவ்வொன்றிற்கும் உண்டான பல ஸ்தானங்களின் துடிப்பு எண்களும், 40-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஆகையால் மேஜர் ஸ்கேலிலோ, மைனர் ஸ்கேலிலோ சரியான சுருதியில் எந்த ஸ்தானத்தையும் ஷட்ஜமாக வைத்துக்கொண்டு வாசிக்கவேண்டுமென்ருல் வாத்தியத்தில் அநேக கட்டைகள் இருக்க வேண்டும். ஆகையால் வாத்தியத்தின் அமைப்பு கடினமாக ஆகின்றது. வாசிப்பதற்கும் சிரமமாயிருக்கும். சுலபமாக வாசிப்பதற்கு (Equal Temperament) ஈக்வல் டெம்பெரமெண்ட் என்று சொல்லப்படும் கணக்கைக் கொண்டு ஹார்மோனிய வாத்தியமும் பியானே வாத்தியமும் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. (Equal Temperament) ஈக்வல் டெம்பெரமெண்ட் என்ற கணக்கை இப்பொழுது பார்ப்போம். ஹார்மோனியத்தில் ஒரு ஸ்தாயி 12 சமமான இடைவெளிகளாக பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அதாவது ஒரு ஸ்தாயிக்கு 12 கட்டைகளிருக்கின்றன மேஜர் ஸ்கேலில் 3 மேஜர் டோன் இண்டர்வல்களும், 2 மைனர் டோன் இண்டர்வல்களும், 2 ஸெமி டோன் இண்டர்வல்களும் வருகின்றன என்று முன்பு பார்த்தோம். ஒரு மேஜர்டோன் இண்டர்வலின் எண் 9/8. ஒரு மைனர் டோனின் இண்டர்வலின் எண் 10/9. (Equal Temperament) ஈகுவல் டெம்பரமெண்ட் என்ற கணக்கில் மேஜர் டோன் இண்டர்வலும் மைனர் டோன் இண்டர்வலும் ஒன்ருகக் கருதப்படுகின்றன. தவிர ஒரு மேஜர் டோன் இண்டர்வலிலும், ஒரு மைனர் டோன் இண்டர்வலிலும் இரண்டு ஸெமிடோன் இண்டர்வல்கள் அடங்கியிருக்கின்றன என்று கருதப்படுகின்றது. ஆகையால் 3 மேஜர் டோன், 2 மைனர் டோன், 2 ஸெமிடோன்களுக்

குப் பதிலாக மேஜர் டோன் ஒன்றுக்கு 2 ஸெமி டோன் என்றும், மைனர் டோன் ஒன்றுக்கு 2 ஸெமி டோன் என்றும் எடுத்துக்கொண்டால் மொத்தம் ஒரு ஸ்தாயிக்கு 12 ஸெமிடோன்களாகின்றதென தெரிகிறது. இவ்வாறு எடுத்துக்கொள்ளுவதால் ஸ்தானங்கள் சுத்தமாயிருக்காது. ஆகையால்தான் (Equal Temperament) ஈக்வல் டெம்பரமெண்ட் என்ற கணக்கை உபயோகப்படுத்தி அமைக்கப்பட்டிருக்கின்ற ஹார்மோனியம், பியாஞே முதலிய வாத்தியங்கள் அவ்வளவு சுத்தமான வாத்தியங்களென்று கருதப்படுவதில்லை.

(Concord & Discord) கன்கார்ட், டிஸ்கார்ட்

(Concord) கன்கார்ட் என்பதற்கு ஒற்றுமை என்றும், (Discord) டிஸ்கார்ட் என்பதற்கு பகை என்றும் பொருட்படும். இதை சங்கீதத்தில் உபயோகப் படுத்தும்பொழுது இச்சொற்கள் நோட்டுகளுக்குள் உள்ள ஒற்றுமை அல்லது ஒற்றுமை இல்லாமை இவைகளைக் குறிக்கும். அதாவது இரண்டு நோட்டுகள் ஏக காலத்தில் சப்தம் செய்யும்பொழுது, அவை இரண்டும் ஒத்து காதிற்கு இனிமையான உணர்ச்சியைக் கொடுக்கும்பொழுது அவை இரண்டிற்கும் கன்கார்ட் அல்லது ஒற்றுமை ஏற்படுகிறதென்றும், அம்மாதிரியில்லாமல் வெறுப்பைக் கொடுக்கும் பக்ஷத்தில் அவை இரண்டிற்கும் டிஸ்கார்ட் அல்லது பகை ஏற்படுகிறதென்றும் சொல்லப்படும். மேலே சொன்ன பதங்களை உபயோகப்படுத்தும் பொழுது அவைகள் இரண்டு நோட்டுகளின் சேர்க்கையினுல் உண்டாகும் சுகத்தையோ, அருவருப்பையோ குறிக்கும். மூன்று நோட்டுகள் சேர்ந்து காதிற்கு இனிமையான உணர்ச்சியைக் கொடுக்கும்பொழுது அவைகளை (Concordant Triads) கன்கார்டண்ட் டிரயட்ஸ் என்று சொல்லப்படும். நம்முடைய சங்கீதத்தில் ஆதார சுருதி ஒன்று வைத்துக் கொண்டு ஏககாலத்தில் ஒவ்வொரு நோட்டைமட்டும் பிர

யோகிப்பதால் இரண்டு நோட்டுகளுக்குள் ஏற்படும் ஒற்றுமை விரோதத்தை மட்டும் கவனித்தால் போதும். இவைகளைத்தான் வாதி, விவாதி, அனுவாதி ஸ்வரங்கள் என்று கூறுவது. ஆரம்பம் எந்த சுருதியிலிருந்து ஆகின்றதோ அதற்கு வாதி ஸ்வரம் என்றும் வாதி ஸ்வரத்தோடு எதெது நல்ல ஒற்றுமையோடு இருக்கின்றதோ அதற்கு சம்வாதி ஸ்வரம் என்றும், எந்த ஸ்வரம் சேராமல் காதிற்கு வெறுப்பைக் கொடுக்கின்றதோ அதற்கு விவாதி ஸ்வரம் என்றும், விவாதியும் அல்லாமல் சம்வாதியுமல்லாமல் உள்ள ஸ்வரங்களுக்கு அனுவாதி ஸ்வரங்கள் என்று பெயர். ஒரு ஸ்தாயியில் எந்த எந்த இரண்டு ஸ்வரங்களைச் சேர்த்து உச்சரித்தால் இன்ப உணர்ச்சி ஏற்படுகிறது என்பதைச் சுலபமாக அறியலாம். கீழ் ஷட்ஜ மேல் ஷட்ஜச் சேர்க்கை முதல்தரமாக இருக்கும். அடுத்தாற்போல் ஷட்ஜமும் பஞ்சமமும் நன்ருக சேரும். இதை அடுத்து ஷட்ஜமும் மத்தியமும் நன்ருகச் சேரும். ஆனுல் நிஷாதமும் ஷட்ஜமும் வெறுப்பைக் கொடுக்கும். இதைப்போலவே ஒரே சமயத்தில் மூன்று ஒலிகளை உச்சரிக்கும்போது, அவற்றினிடையே ஒற்றுமை உண்டாகி, இன்ப உணர்ச்சி ஏற்படுவதற்கு எந்த எந்த மூன்று ஸ்வரங்களைச் சேர்க்கவேண்டும் என்று அறியலாம். அதே மாதிரியாக ஒரே சமயத்தில் நான்கு ஒலிகளை உச்சரிக்கும்போது அவற்றினிடையே ஒற்றுமை ஏற்பட்டு இன்ப உணர்ச்சி பெறுவதற்கு உண்டான நிபந்தனைகளையும் காணலாம். அதைத்தான் மேனுட்டார்கள் அவர்கள் சங்கீதத்தில் செய்கின்ருர்கள். அவர்களின் வாத்திய கோஷ்டியைக் கவனித்தால் அதில் கம்பி வாத்தியங்கள், காற்று வாத்தியங்கள், பாண்டு வாத்தியங்கள் என்று பலவிதம் இருக்கும். இவற்றிலிருந்து கிளம்பும் ஒலிகள் ஒற்றுமையுடன் கலந்து இன்ப உணர்ச்சி தருமாறு அவர்கள் பாட்டை அமைக்கின்ருர்கள். நம்முடைய சங்கீதத்தில் அவ்வப்போது எழுப்பப்படும் ஒலிகள் ஒவ்வொன்றும் ஆதார சுருதியுடன் ஒத்துவருகிறதா என்று கவனித்துப் பாடுவார்கள்—என்வே ஓரள

வுக்கு மட்டிலுமே அவர்களது ஒருங்கு இசை நம்முடைய சங்கீதத்தில் இடம் பெற்றிருக்கிறது. அவர்களுக்கு நாம் இவ்வளவு ராகங்கள் பாடுவது வியப்பாக இருக்கிறது. நாம் காணுவதுபோல ராக பேதங்களை காணுவது சாத்தியமா என்று கூட அவர்களில் சிலர் சந்தேகப்படுகிறார்கள். மேலும் நாம் ஆதார சுருதியை மாற்றாமல் பாடுவதை அவர்கள் விரும்புவதில்லை. அவர்கள் சங்கீதத்தில் ஆதார சுருதியை அடிக்கடி மாற்றுவார்கள். கர்நாடக சங்கீதத்தை கேட்டவர்கள் அவர்களது சங்கீதத்தில் ராகத்தைக் கவனிக்க முடியாமல் திகைத்துப்போய் விடுவார்கள். மேஜர் ஸ்கேலிலும், மைனர் ஸ்கேலிலும் ஏற்படும் இண்டர்வல்களில் எதெது கன்கார்ட் ஆக இருக்கிறதென்றும், எதெது டிஸ்கார்ட் ஆக இருக்கிறதென்றும் கீழே குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றது.

Unison	(யுனிஸன்)	—	(Concord)	கன்கார்ட்
Minor Second	(மைனர் ஸெகிண்ட்)	—	(Discord)	டிஸ்கார்ட்
Second	(ஸெகிண்ட்)	—	(Discord)	டிஸ்கார்ட்
Minor Third	(மைனர் தேர்ட்)	—	(Concord)	கன்கார்ட்
Major Third	(மேஜர் தேர்ட்)	—	,,	,,
Fourth	(போர்த்)	—	,,	,,
Fifth	(பிப்த்)	—	,,	,,
Minor Sixth	(மைனர் ஸிக்ஸ்த்)	—	,,	,,
Major Sixth	(மேஜர் ஸிக்ஸ்த்)	—	,,	,,
Minor Seventh	(மைனர் ஸெவென்த்)	—	(Discord)	டிஸ்கார்ட்
Major Seventh	(மேஜர் ஸெவென்த்)	—	(Discord)	டிஸ்கார்ட்
Octave	(ஆக்டேவ்)	—	(Concord)	கன்கார்ட்

விவாதிதோஷம், அல்லது ஸம்வாதித்வம் எதனால் ஏற்படுகின்றது என்பதற்கு ஹெம்ஹோல்ஷ் என்ற விஞ்ஞானி கீழ்க்கண்ட காரணத்தைக் கூறுகின்றார். இரண்டு நோட்டுகளின் சுருதிகள் சற்று வித்யாசமாயிருக்கும்

பொழுது விம்மல்கள் ஏற்படுகின்றன. உதாரணமாக அந்த இரண்டு சுருதிகளின் துடிப்பு எண்கள் 256, 250 என்று வைத்துக்கொண்டால் அப்பொழுது ஒரு விஞாடிக்கு 6 விம்மல்கள் ஏற்படும். ஒரு விஞாடியில் குறைவாக விம்மல்கள் ஏற்பட்டால் அப்பொழுது காதிற்கு ஏற்படும் உணர்ச்சியை மனதில் வாங்கிக்கொண்டு விம்மல்கள் அதிகமாக ஏற்படும்பொழுது உண்டாகும் உணர்ச்சியை கவனித்தால், விம்மல்கள் அதிகமாக அதிகமாக காதிற்கு வெறுப்பும் அதிகரிப்பதை உணரலாம். படர்ந்தெரியும்பொழுது விளக்கை நாம் பார்த்தால், கண்களுக்கு எப்படி அருவருப்பு ஏற்படுகின்றதோ, அதேமாதிரியாக விம்மல்கள் அதிகமாக ஏற்படும்பொழுது காதுகளுக்கும் அம்மாதிரியான உணர்ச்சி தோன்றுகிறது. அவ்வாறு ஏற்படும் அருவருப்பு டிஸ்கார்ட் என்று கூறப்படுகின்றது. பரீக்ஷை செய்து பார்க்கும்பொழுது விம்மல்களை உண்டுபண்ணும் இரண்டு சுருதிகளுக்கும் ஒரு ஸெமிடோன் இண்டர்வல் ஏற்படும்வரையில் அருவருப்பு விருத்தியாகி மறுபடியும் இண்டர்வல் அதிகமாக அருவருப்பு குறைகின்றதை கவனிக்கலாம். ஒரு மேஜர்டோன் இண்டர்வலாக இருக்கும் பொழுது, அருவருப்பு நன்ருக குறைந்துவிடுகிறது. இரண்டிற்கும் ஒரு (Minor Third) மைனர் தெர்ட் இண்டர்வல் ஆக இருக்கும்பொழுது, அருவருப்பு முற்றிலும் மாறி காதுகளுக்கு ஒரு ஸிம்மதி ஏற்படுகின்றது. ஆகையால் இரண்டு சுருதிகளுக்குமுள்ள (Beating Interval) பீடிங் இண்டர்வலை ஒரு (Minor Third) மைனர் தெர்ட் ஆகக் கருதலாம் என்று கூறப்படுகிறது. அதாவது (Minor Third) மைனர் தெர்டுக்கு குறைவாயுள்ள எல்லா இண்டர்வல்களுக்கும் டிஸ்கார்ட் ஏற்படும் என்பதுதான் கருத்து.

நாம் கேட்கும் எல்லா சப்தங்களும் பரிவார சுருதிகளுடன் கலந்து வருகின்றன என்பதை முன்பு பார்த்திருக்கிறோம். உதாரணமாக மூல சுருதியின் துடிப்பு எண் 200

உள்ள நோட்டில் 400 துடிப்பு எண் உள்ள முதல் பரிவார சுருதியும் 600 துடிப்பு எண் உள்ள இரண்டாவது பரிவார சுருதியும் 800 துடிப்பு எண்ணுள்ள மூன்ருவது பரிவார சுருதியும், இம்மாதிரி பல பரிவார சுருதிகளுடன் கலந்து வருகின்ற சப்தத்தைத்தான் நாம் கேட்கின்ரேம். மேலே கூறப்பட்ட டிஸ்கார்ட் என்பது ஒரே நோட்டில் சில சமயம் ஏற்படும். பரிவார சுருதிகளுக்கு இடையே விம்மல்கள் ஏற்பட்டு அதனுல் டிஸ்கார்ட் உண்டாகலாம். அப்படி ஏற்படுவதற்கு அந்த நோட்டில் ஏழு பரிவார சுருதிகளுக்கு மேலிருக்கவேண்டும். பரிவார சுருதிகள் நோட்டின் மூல சுருதியில், 2, 3, 4, 5, 6, 7 மடங்காக இருக்கின்றன. அவைகளுக்குள் (Beating Interval) பீடிங் இண்டர்வல் ஏழாவது பரிவார சுருதி வரையில் ஏற்படுவதில்லை. ஆனுல் 8-வது பரிவாரசுருதி இருக்கும் பக்ஷத்தில் 7-வது பரிவார சுருதி 8-வது பரிவார சுருதி இரண்டிற்கும் உள்ள இண்டர்வல் அருவருப்பான விம்மல்களை உண்டுபண்ணுமாதலால் டிஸ்கார்டை உண்டுபண்ணும். ஆகையினுல் பரிவார சுருதிகள் அதிகமாயுள்ள தோல் வாத்தியத்தில் ஏற்படும் சப்தத்தைக் கேட்கும்பொழுது (Discord) டிஸ்கார்டு உண்டாவதைக் கவனிக்கலாம். தவிர இரண்டு நோட்டுகளை எடுத்துக்கொள்ளும்பொழுது ஒவ்வொன்றும் பரிவார சுருதிகளுடன் அடங்கியிருக்குமாதலால், அவைகள் இரண்டும் சப்தம் செய்யும்பொழுது விம்மல்கள் பலமாதிரிகளில் ஏற்படலாம். இரண்டு நோட்டுகளின் மூலசுருதிகளுக்குள்ளும் ஏற்படலாம். ஒரு நோட்டினுடைய பரிவார சுருதிக்கும் மற்ருெரு நோட்டினுடைய பரிவார சுருதிக்கும் விம்மல்கள் ஏற்படலாம். ஒரே நோட்டில் அடங்கி இருக்கும் பல பரிவார சுருதிகளுக்குள்ளும் ஏற்படலாம். எப்பொழுது விம்மல்கள் உண்டுபண்ணுகிற சுருதிகளின் இண்டர்வல் (Beating Interval) பீடிங் இண்டர்வலுக்குக் குறைவாயிருக்கின்றதோ, அப்பொழுது டிஸ்கார்ட் ஏற்படும் என்பதை நன்ருக அறியவேண்டும்.

கீழே வாதி ஸம்வாதி ஸ்வரங்களை குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன :—

வாதி	ஸம்வாதி
ஸ	ம, ப
ரி	த
க	நி
ம	நி, ஸ
ப	ஸ
த	ரி
நி	க, ம

கேள்விகள்

42. மியூஸிகல் ஸ்கேல் என்றால் என்ன? மேனாட்டார் ஸங்கீதத்திலிருக்கும் மேஜர், மைனர் ஸ்கேல்களைப்பற்றி எழுதுக.

43. இண்டர்வல் என்றால் என்ன? மேஜர் ஸ்கேலிலிருக்கும் இண்டர்வல்களை எவ்வாறு இரண்டுவிதமாக கணக்கெடுக்கலாம். அவைகளின் பெயர்களுடன் இரண்டு முறைகளிலும் ஏற்படும் இண்டர்வல்களைக் குறிக்கவும்.

44. மைனர் ஸ்கேலில் ஏற்படும் இண்டர்வல்கள் யாவை? அவைகளை எண்களுடன் குறிப்பிடவும்.

45. டெம்பரமெண்டு என்ற சாதனத்தின் உபயோகத்தை விளக்குக.

46. ஈக்வல் டெம்பரமெண்டு என்றால் என்ன? அந்தக் கருத்தை உபயோகப்படுத்தி அமைக்கப் பட்டிருக்கும் வாத்தியத்திலிருந்து அதை நன்கு விளக்குக.

47. டெம்பரமெண்ட் என்னும் கருத்தை உபயோகப்படுத்தி அமைக்கப்பட்டிருக்கும் வாத்தியங்களில் ஸ்தானங்கள் சுத்தமாக இருக்கவில்லை என்று கூறப்படுகின்றது. ஏன்?

48. கன்கார்டு, டிஸ்கார்டு, என்ற பதங்களுக்கு அர்த்தமென்ன? மேஜர், மைனர் இரண்டு ஸ்கேல்களிலும் ஏற்படும் இண்டர்வல்களில், எவை எவை ஒத்து இருக்கின்றன என்றும், எவை எவை இசைப்பொருத்தம் இல்லை என்றும் எழுதுக.

49. வாதி, ஸம்வாதி, விவாதி ஸ்வரங்கள் என்றால் என்ன?

50. விவாதிதோஷம், ஸம்வாதித்வம் எதனால் ஏற்படுகின்றது என்பதற்கு ஹெம்ஹோல்ஷ் கூறும் சமாதானத்தை எழுதுக.

அத்தியாயம் 6

(Musical Instruments) ஸங்கீத வாத்தியங்கள்.

[வாத்தியங்களின் அமைப்பைக்கொண்டு வெவ்வேருகப் பிரித்தல்—கம்பி வாத்தியங்கள்—கம்பிகளை துடிக்கச் செய்யும் விதங்கள்—சப்தத்தை அதிகப்படுத்த கம்பி வாத்தியங்களில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒலி பெருக்கும் சாதனங்கள்—வீணை, தம்பூரா—தம்பூராவின் குதிரைக்கும், வீணையின் குதிரைக்கும் உள்ள வித்தியாசம்—ஸி. வி. ராமனின் ஆராய்ச்சி—பிடில்—காற்று வாத்தியங்கள்—புல்லாங்குழல்—ஆர்கன் பைப் இவைகளில் ஏற்படும் சப்தத்திற்கு கூறப்படும் சமாதானங்கள்—ரீடு வாத்தியங்கள்—குழாய்களுடன் சேர்க்கப்பட்ட ரீடு வாத்தியங்கள்—கண்ணுடி அல்லது உலோக தகடுகளில் ஏற்படும் துடிப்புகளைப் பரிசிலனை செய்யும் விதம்—நோடல் கோடுகள்—பெர்குஷன் வாத்தியங்கள்—மணி—ஜலதரங்கம்—மிருதங்கம்.]

ஸங்கீத வாத்தியங்களில் அநேக விதங்களிருக்கின்றன. அவைகளில் சில வாத்தியங்கள் நம்மிடம் வெகு காலமாக வழங்கி வருகின்றன. உதாரணமாக புல்லாங்குழல், வீணை, தம்பூரா, மிருதங்கம் இம்மாதிரியான வாத்தியங்கள் எவ்வளவு பழமையானது என்பதைப் பண்டைக் காலத்தில் எழுதப்பட்ட நூல்களிலிருந்து தெரிந்து கொள்ளுகிறோம். முகலாயர்கள் ஆட்சிமுதல் சிதார், ஸாரங்கி இம்மாதிரியான பெர்ஸியன் வாத்தியங்கள் உபயோகப்பட்டு வருகின்றன. கடைசியாக வெள்ளைக்காரர்கள் வந்தபிறகு அவர்களின் பிடில் வாத்தியத்தையும், ஆர்மோனியத்தையும் நாம் உபயோகித்து வருகின்றோம். ஸங்கீத வாத்தியங்கள் எல்லாவற்றையும் அவைகளின் அமைப்புக்குத் தகுந்தவாறு பிரித்துக் கொள்ளலாம். எல்லா வாத்தியங்களிலும் பல சுருதிகள் உள்ள சப்தங்களை உண்டுபண்ணுவதற்கு வசதியும், அவ்வாறு ஏற்படும்

சப்தங்களை அதிகப்படுத்திக்கொடுக்க சாதனமும் மியூஸி கல் ஸ்கேலின்படி வரும் நோட்டுகளை வாசிப்பதற்கு வசதி யும் முக்கியமாக அமைக்கப்பட்டிருக்கவேண்டும். மேற் கூறியபடி வாத்தியங்களில் இருக்கவேண்டிய பாகங்களைக் கொண்டு கீழ்கண்டவாறு அவைகளைப் பிரித்துக்கொள்ள லாம் :—

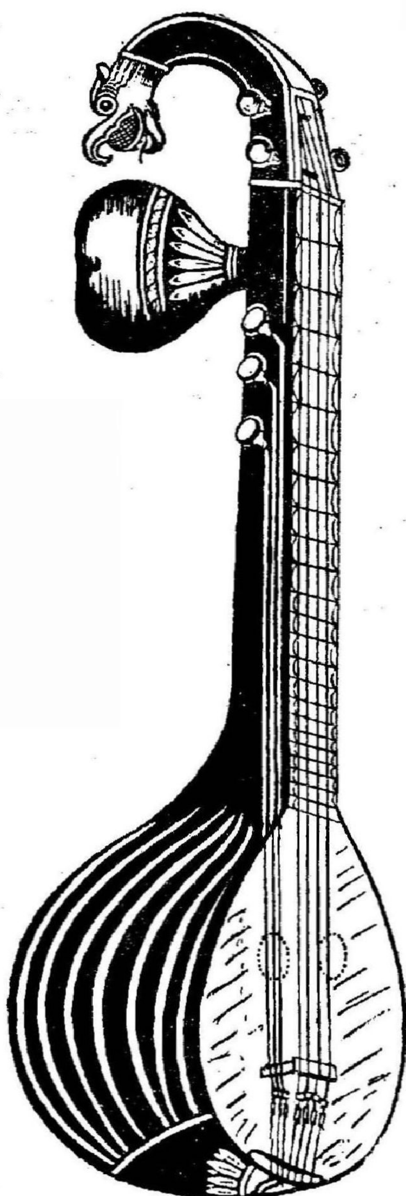
1. கம்பி வாத்தியங்கள்.
2. காற்று வாத்தியங்கள்.
3. ரீடு வாத்தியங்கள்.
4. (Percussion) பெர்கஷன் வாத்தியங்கள்.

கம்பிகளின் அசைவை ஆதாரமாகக்கொண்ட வாத்தி யங்கள் பல இருக்கின்றன. அவைகளின் அமைப்பு வெவ் வேறாக இருக்கின்றன. கம்பிகளை துடிக்கச் செய்ய மூன்று வழிகள் வாத்தியங்களுக்குத் தகுந்தாற்போல் ஏற்பட் டிருக்கின்றன. உதாரணமாக வீணை வாத்தியத்தில் கம்பி யைக் கையிலிருக்கும் நகத்தினால் மீட்டுவதாலும், பிடில் வாத்தியத்தில் (Bow) பௌ என்று சொல்லப்படும் வில்லைக் கொண்டு கம்பிகளின் மேல் இழுப்பதாலும், பியானோ என்ற வாத்தியத்தில் கம்பிகளை அடிப்பதனாலும், கம்பி களின் அசைவு ஏற்பட்டு அவைகளின் துடிப்பினால் சப்தம் உண்டாகின்றது. கம்பி வாத்தியங்களில் கம்பி களினால் ஏற்படும் சப்தத்தைப் பெருக்கிக் கொடுப் பதற்கு வாத்தியங்களில் இயற்றியுள்ள (Sound Box) ஸவுண்ட் பாக்ஸ் என்னும் ஒலிபெருக்கும் சாதனம், ஒவ் வொன்றிலும் ஒவ்வொரு விதமாயிருக்கின்றது. மேலும் வாத்தியங்களில் மியூஸிகல் ஸ்கேலின்படி நோட்டுகளை வாசிப்பதற்கு ஏற்பட்டுள்ள பாகம், ஒவ்வொன்றிலும் ஒவ்வொரு விதமாக அமைந்திருக்கும். உதாரணமாக வீணையில் மெட்டுகள் என்று சொல்லப்படும் சிறு உலோ கத் துண்டுகளை பொருத்தி வைக்கப் பட்டிருக்கின்றன.

கம்பிகளை வலதுகை விரலிலிருக்கும் நகத்தினால் மீட்டி இடதுகை விரல்களைக்கொண்டு கம்பிகளை மெட்டுகளில் அமுக்கி அவைகளின் நீளத்தைக் குறைத்தோ, அதிகப் படுத்தியோ மியூஸிகல் ஸ்கேலின்படி நோட்டுகள் வாசிக் கப்படுகின்றன. பிடில் வாத்தியத்தில் (Finger Board) என்று சொல்லப்படும் பாகத்தில் இடது கைவிரல்களினால் கம்பிகளை அமுக்குவதால் கம்பிகளின் நீளத்தைக் குறைத் தோ, கூடுதல் செய்தோ அதனால் பல நோட்டுகள் வாசிக் கப்படுகின்றன. பியானோ வாத்தியத்தில்தட்டையான சிறு துண்டுகளினால் கம்பிகளைப் பல இடங்களில் அடிக்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருப்பதால் கம்பிகளின் நீளத்தை மாற்று வதற்கு வசதி இருக்கிறது. ஹார்மோனியத்திலமைக்கப் பட்டிருப்பதுபோல் (Equal Temperament) ஈகுவல் டெம் பரமெண்டைக் கொண்டு ஒரு ஸ்தாயியை 12 சமபாக மாகப் பிரித்து அவைகளுக்குத் தகுந்தவாறு பியானோவில் நோட்டுகள் வாசிக்கப்படுகின்றன. தவிர கம்பி வாத்தி யங்களை அவைகளின் ஸ்தாயி பேதத்தைக் கொண்டும் பிரிக்கலாம். உதாரணமாக வீணையில் 2½ அல்லது 3 ஸ்தாயி வரையில்தான் வாசிக்கமுடியும். ஆனால் பிடிலில் அவ்வாறு எல்லை கிடையாது.

இப்பொழுது கம்பி வாத்தியங்களை ஒவ்வொன்றாக எடுத்துக்கொண்டு அவைகளின் அமைப்பைப் பார்ப்போம்.

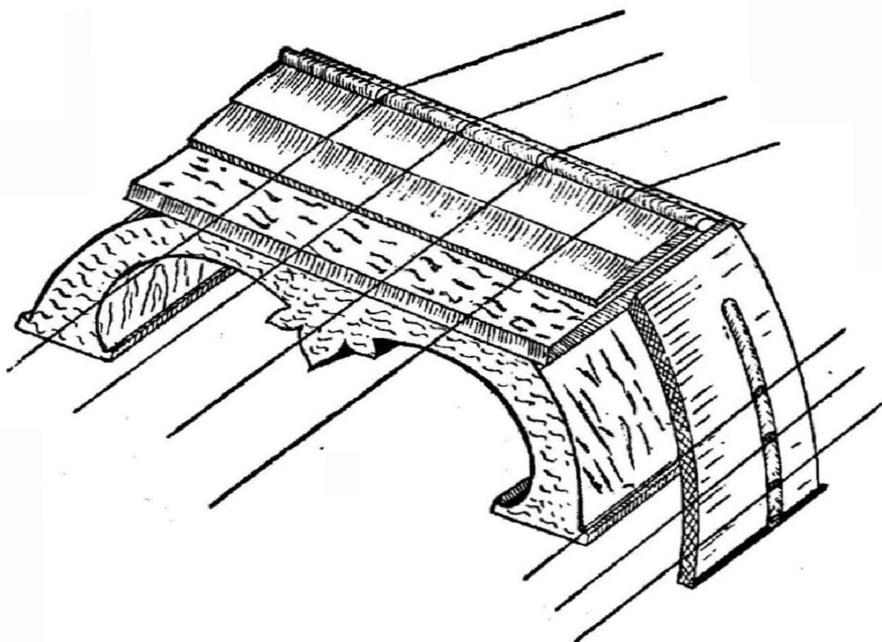
வீணை :— இது வட இந்தியாவில் (Bin) பின் என்று சொல்லப்படும். தென்னிந்தியாவில் தஞ்சாவூர், திருவனந் தபுரம், மைசூர் இவ்விடங்களில் செய்யப்படுகின்றன. 41-ம் படத்தில் தென்னிந்திய வீணையின் அமைப்பு காண் பிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அதில் அரைகோள வடிவமுள்ள பெட்டி அடிப்பாகத்திலிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அதைப் பலாமரத்திலோ, அல்லது கருப்பு மரத்திலோ, செய்வது வழக்கம். குடத்தின் மேல் மூடப்பட்டிருக்கும் பலகையின் குறுக்களவு சாதாரணமாக 1 அடி இருக்கும். அதன்



தென்னிந்திய வீணை
படம் 41

மேல் (Bridge) குதிரை என்று சொல்லப்படும் பாகம் அமைக்கப் பட்டிருப்பதைப் படத்திலிருந்து காணலாம். குதிரைக்கு சமீபத்தில் சிறு துவாரங்கள் பலகையில் இருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். அவைகளின் மூலமாக குடத்திலிருக்கும் காற்றுடன் வெளியிலிருக்கும் காற்றிற்குச் சம்பந்தம் ஏற்படுகின்றது. (Bin) பின் என்று சொல்லப்படும் வட இந்தியா வாத்தியத்தில் தண்டின் இரண்டு பக்கங்களிலும் இரண்டு சுரக் குடுக்கைகள் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். இப்பொழுது குதிரை அமைப்பைக் கவனிப்போம். அதை 42 ம் படத்தில் கவனிக்கவும். மரத்தினல் பிறை வடிவமுள்ள ஒரு துண்டு செய்து அதன்மேல் மற்ருெரு சிறிய மரச் சட்டத்தைப் படி

மானமாகவைத்து ஒருவிதமான பிசினை ஊத்தி மற்றொரு உலோகத்தகட்டைப் பொருத்தி வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இந்தத் தகட்டின்பேரில் நான்கு கம்பிகள் செல்லுகின்றதைப்பார்க்கலாம். குதிரைக்கு பக்கத்தில் மற்றொரு குதிரை



வீணையின் குதிரை அமைப்பை விளக்கும் படம்
படம் 42

வளைவாக இருக்கின்றதைக் கவனிக்கவும். இது (Side Bridge) பக்க குதிரை என்று சொல்லப்படும். இது முதலில் சொன்ன குதிரையுடனும் குடத்தின் வயிற்றோடும் சேர்க்கப்பட்டிருப்பதைப் படத்திலிருந்து கவனிக்கலாம். குடத்துடன் சேர்க்கப்பட்டிருக்கிற தண்டு வீணையின் (Body) உடல் என்று சொல்லப்படும். குடம் எந்த மரத்தில் செய்யப்பட்டிருக்கின்றதோ அதே மரத்தில் இதுவும் செய்யப்படும். இதன் உள்ளேயும் கூடாகவிருக்கின்றது. தண்டின் கடைசியில் யாளி முகத்துடன் சேர்க்கப்பட்

டிருக்கும் பாகத்திற்குக் கழுத்து என்று சொல்லப்படும். தண்டின் நுனியில் கீழ்பக்கத்தில் ஒரு சுரக்குடுக்கை ஒன்று சேர்க்கப்பட்டு வீணையைத் தாங்குவதற்கு உபயோகப்படுவதை கவனிக்கலாம். தண்டிலிருக்கும் குழியை மூடப்பட்டிருக்கும் பலகைக்குத் தண்டிப் பலகை என்று பெயர் சொல்லப்படும். அதன் இரண்டு விளிம்புகளிலும் மெட்டுகள் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. மொத்தம் 24 மெட்டுகள் பதிக்கப்பட்டிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். மெட்டுகளின் மேல் போகும் கம்பிகளில் பிகு ஏற்றுவதற்கு உண்டான முளைகள் யாளிக் கழுத்தின் இருபுறத்திலும் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அதைத் தவிர பக்ககுதிரை மேல் போகும் மூன்று கம்பிகளுக்கும் உள்ள முளைகள் தண்டின் பக்கத்தில் குடுக்கைக்கு ஸமீபத்தில் இருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். மெட்டுகளின் மேல் இருக்கும் நான்கு கம்பிகளும் வாசிப்பதற்காகவும், தனியாயிருக்கும் மூன்று கம்பிகளும் தாளத்திற்காகவும் உபயோகப்படும். தாளத்திற்காகவுள்ள மூன்று கம்பிகளும், வாசிப்பதற்காத ஏற்பட்ட நான்கு கம்பிகளில் இரண்டு கம்பிகளும் எஃகு கம்பிகள். மற்ற இரண்டு கம்பிகளும் பித்தளைக் கம்பிகள். மெட்டுகள் மேலிருக்கும் கம்பிகளை ஸாரணி, பஞ்சமம், மந்தரம், அனுமந்தரம் என்றும் தாளக் கம்பிகளை பக்கஸாரணி, பக்கபஞ்சமம், தாரஷட்ஜம், என்றும் சொல்லப்படும். வாசிக்கும்பொழுது கம்பிகளை வலது கையிலிருக்கும் நகத்தினாலும் அல்லது (plectrum) பிளெக்ட்ரம் என்றுசொல்லப்படுவதும், மீட்டுவதற்கு வாட்டாமயுள்ளதுமான கம்பியை விரலில் போட்டுக்கொண்டு அதனாலும், கம்பிகளில் துடிப்பு உண்டுபண்ணப்படும். ஒரு ஸ்தாயிக்கு 12 மெட்டுகள் வைத்துக்கொண்டு, இரண்டு ஸ்தாயிக்கு 24 மெட்டுகள் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஒரு ஸ்தாயியை, ஹார்மோனியத்தில் பிரித்திருக்கின்றதுபோல் (Equal Temperament) ஈக்வல் டெம்பரமெண்டைக் கொண்டு 12 ஸம பாகமாக பிரித்திருக்கின்றது என்று நினைக்கலாம். ஆனால் இதில் ஹார்மோனியத்தில் உள்ளதுபோல் இல்லாமல்

ஸ்தானங்களைச் சுத்தமாக பிடிக்கலாம். மெட்டுகளின் மேல் கம்பியை அமுக்கும் பொழுது, அமுக்கும் வலுவை மாற்றுவதாலும், அத்துடன் தேய்த்து இழுப்பதாலும், சுருதியை சற்றுமாற்றி கமகங்களைப் பிரயோகப்படுத்தக் கூடும். மெட்டுகள் இருப்பதினால்தான் பிடிலைப்போல் அல்லாமல் வீணையில் விரைவில் தேர்ச்சி பெற முடிகிறது. மெட்டுகளின் உதவி இல்லாமல் வாசிக்கப்படும் வாத்திய மும் உண்டு. இதைதான் 'கோட்' வாத்தியம் என்று சொல்லுவது. சிறு மரத்துண்டின் உதவியால் கம்பியின் நீளத்தைத் தக்கவாறு குறைத்தும் மிகுத்தும் இந்த வாத்தி யம் வாசிக்கப்படும்,

இப்பொழுது வாத்தியத்திலிருந்து எவ்வாறு சப்தம் கிளம்புகின்றது என்று பார்ப்போம், கம்பிகளை மீட்டு வதனால் ஏற்படும் அதிர்ச்சி, குதிரையின் மூலமாக வாத்தி யத்தின் வயிற்றிற்கு இறங்கி, எல்லா பக்கங்களிற்கும் பரவி உள்ளிருக்கும் காற்றிற்கும் அதிர்ச்சி ஏற்பட்டு, எல்லா பாகங்களும் அசைவதினால் காற்றில் அலைகள் ஏற்பட்டு நாம் சப்தத்தைக் கேட்கின்றோம். பெரும் பாலும் குடத்திலிருந்துதான் வெளிக் காற்றிற்கு அதிர்ச்சி உண்டாகும். குடமும் யாளியின் கழுத்தின் சமீபத்தி லிருக்கும் குடுக்கையும் சப்தத்தைப் பெருக்கிக் கொடுக் கின்றது. இவ்வாறு கம்பியிலிருந்து அதிர்ச்சி, குதிரை. குடம், அதிலிருக்கும் காற்று, இவைகள் எல்லாவற்றையும் தாண்டி வெளிக் காற்றிற்கு வருவதற்குள் மாறுதலை அடைவதினால் வாத்தியத்திலிருந்து வரும் சப்தத்தின் பண்பு அதன் ஒவ்வொரு பாகத்தின் அமைப்பைப் பொ றுத்திருக்கிறதென்று கருதப்படுகின்றது. முக்கியமாக குதிரையின் அமைப்பு சப்தத்தினுடைய பண்பை ஆளு கின்றது என்றும், அதுபோலவே தம்பூராவில் அதனுடைய குதிரையின் அமைப்பு தம்பூரா சப்தத்தின் பண்பை ஆளு கின்றது என்றும் இவ்விரண்டிற்கும் உள்ள வித்தியாசங் களை நோபல் பரிசுபெற்ற நம்நாட்டு விஞ்ஞானி ஸி. வி.

ராமன் அவர்கள் ஆராய்ச்சி செய்து கண்டுபிடித்திருக்கிறார். இதைத் தம்பூராவின் அமைப்பைப் பார்த்தபின் பார்ப்போம்.

தம்பூர் :—வீணையைப் போல் இது பெரும்பாலும் அமைப்பில் ஒத்திருக்கின்றது. ஆனால் வீணை தண்டுடன் சேர்க்கப்பட்ட யாளிக் கழுத்தும் அதற்கு சமீபத்தில் சேர்க்கப்பட்டிருந்த குடுக்கையும், இதிலில்லாமலிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். இதனுடைய மரக் குடம் வீணையைப்போல பலாமரத்திலிருந்து தோண்டப்படும். சில தம்பூருகளில் மரத்திற்குப் பதிலாக சுரக் குடுக்கையை உபயோகப் படுத்துவதுமுண்டு. குடத்தின்மூடி சமதளமாக சில வாத்தியங்களிலிருக்கும். பொதுவாக குடத்தின் மூடி (Convex) புறங்கவிழ்ந்திருக்கும். அதில் வீணைக் குடத்தின் மூடியிலிருப்பதுபோல் சிறு துவாரங்கள் இருக்கின்றன. அதன் மத்தியில் குதிரை அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம், இது மரத்தினால் செய்யப்பட்டது. கம்பிகளின் பிருவை மாற்றுவதற்காகவுள்ள நான்கு மூளைகளும் தண்டின் நுனியில் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். நான்கு கம்பிகளில் மூன்று எஃகு கம்பிகளாகவும் மற்றொன்று பித்தளைக் கம்பியாகவும் எடுத்துக்கொள்ளப் படும். இதில் கம்பிகளுக்கும், குதிரைக்கும் நடுவில் பட்டு நூல் துண்டுகளை வைத்துக்கொண்டு அவைகளின் உதவியால் தம்புராவின் சப்தத்தில் (Buzzing effect) ஜீவு உண்டு பண்ணப்படும். தவிர கம்பிகள் கட்டப்பட்டிருக்கும் இடத்திற்குச் சமீபத்தில் சிறு மணிகள் (Beads) சேர்க்கப்பட்டு அவைகளினுடைய இடங்களை மாற்றுவதால் கம்பிகளினுடைய சுருதியை லேசாக மாற்றலாம். இதில் வீணையிலிருப்பதுபோல் மெட்டுகள் கிடையாது. இதைப் பாடும்பொழுது சுருதிக்காக உபயோகப்படுத்துவது வழக்கம். இந்தக் கம்பிகளை ஸ ஸ ஸ ப என்ற ஸ்தானங்களுக்கு சுருதி கூட்டிக்கொள்ளுவார்கள்.

தம்பூராக் கம்பிகளை விரல்களினால் மீட்டி அவைகளை துடிக்கச் செய்யப்படும். முன் சொன்னதுபோல் கம்பிகளில் ஏற்படும் அதிர்ச்சி குதிரையின் மூலமாக குடத்தின் மூடிக்கு இறங்கி அதிலிருந்து எல்லா பாகத்திற்கும் பரவி, குடத்திலிருக்கும் காற்றிலும் அதிர்ச்சி ஏற்பட்டு, வெளிக் காற்றில் அலைகள் உண்டாகி அவை நம்முடைய காதுகளிலிருக்கும் ஜவ்வு தோலில் மோதுவதால் நமக்கு சப்தத்தின் உணர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. இதில் குடமும் அதிலிருக்கும் காற்றும் சப்தத்தை பெருக்கிக் கொடுக்கின்றது. இதில் மியூஸிகல் ஸ்கேலின்படி நோட்டுகளை வாசிப்பதற்கு முடியாது. ஆகையினால் கம்பிகளிலிருந்து வரும் சப்தத்தின் சுருதி எப்பொழுதும் ஒன்றாக இருக்கும். இதனுடைய சப்தத்தின் குணம், இதன் ஒவ்வொரு பாகத்தின் அமைப்பை பொருத்திருக்கின்றது. இதில் முக்கியமாக கவனிக்கவேண்டியது, இதனுடைய குதிரையின் அமைப்பு. தம்பூராவின் சப்தத்தின் நாதத்தைக் கொண்டாடப்படுவதின் காரணம், அதனுடைய குதிரையின் அமைப்பினால்தான் என்று ஸி. வி. ராமன் அவர்கள் கூறுகின்றார். தம்பூராவின் குதிரையையும், கம்பி அதன் மேல் பட்டுக்கொண்டிருக்கும் விதத்தையும், அதேமாதிரியாக வீணையின் குதிரையையும் அதன்மேல் கம்பி பட்டுக்கொண்டிருக்கும் 43-ம் படத்தில் காண்பித்திருக்கின்றது. தம்பூராவின் குதிரையில் கம்பி ஒரே இடத்தில் மட்டும் படாமல் சிறிதுதூரம் பட்டுக்கொண்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அதுபோலவே எல்லாக் கம்பிகளும் பட்டுக்கொண்டிருக்கின்றன. ஜீவாளம் என்று சொல்லும் பட்டு நூல் துண்டு இருக்குமிடத்தைப் படத்தில் காணலாம். அதைக்கொண்டு குதிரையுடன் பட்டுக்கொண்டிருக்கும் கம்பியின் நீளத்தை மாற்றலாம். வீணை குதிரையின் அமைப்பு வேறாகவிருக்கின்றது. வீணை குதிரை உலோகத்தினால் செய்யப்பட்டது. தம்பூராவின் குதிரை மரத்தினால் செய்யப்பட்டது. தம்பூராவில் ஜீவாளத்தை உபயோகப்படுத்துவதுபோல் வீணையில் உபயோகப்படுத்து

வதில்லை. தவிர வீணையின் குதிரை தம்பூராவின் குதிரையைவிட உயரமாயிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். ஜீவாளத்தைக் கொண்டு கம்பி தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் பாகத்தை மாற்றுவதின் பொருட்டு தம்பூராவிற்கு அம்மாதிரி நாதம் உண்டாகின்றது என்று ஸி. வி. ராமன் கருதுகிறார். ஜீவாளம் இல்லாவிட்டால் சப்தம் முன்போல் அவ்வளவு இனிமையாக இல்லாமலிருப்பதைக் கவனிக்கலாம்.

கம்பிகளின் அசைவை கவனிக்கும்பொழுது கம்பி பல கண்டங்களாகவும் துடிக்கும் என்று முன்பு பார்த்தோம். கம்பி முழுவதும் துடிக்கும்பொழுது ஏற்படும் சப்தத்தில் ஒரு கண்டத்துக்கு உண்டான சுருதியும், 2 கண்டங்களுக்கு உண்டான சுருதியும், 3 கண்டங்



தம்பூராவின் குதிரை



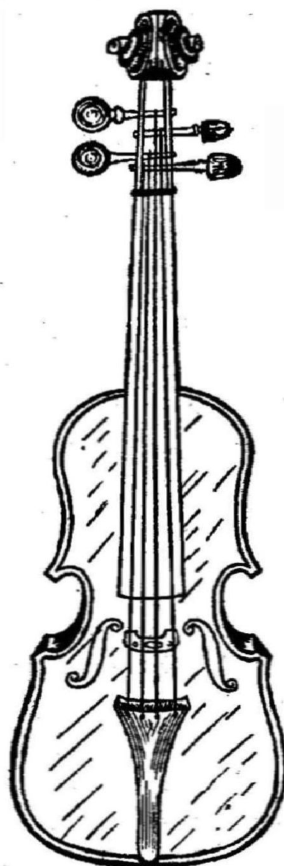
வீணையின் குதிரை

படம் 43

களுக்கு உண்டான சுருதியும், இம்மாதிரியாக பல பரிவார சுருதிகள் கலந்து வருகின்றது என்று பார்த்

தோம். பரிவார சுருதிகள் முழுவதும் கலந்து வரும் பொழுது அவைகளின் சுருதி மூல சுருதிக்கு 1 மடங்கு, 2 மடங்கு, 3 மடங்கு, 4 மடங்கு இம்மாதிரியாக இருக்கு மென்றும் அறிவோம். ஆனால் அவைகளினுடைய வரிசை, கம்பியின் மீட்டுமிடத்தைப் பொருத்திருக்கின்றது. பரி வார சுருதிகளின் வரிசைகளுக்கும் மீட்டுமிடத்திற்கும் உண்டான சம்பந்தம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அந்த சம்பந்தத்திற்கு (Young Helmholtz) எங் ஹெம் ஹோல்ஷ் விதி என்று சொல்லப்படும். அதன் கருத் தாவது மீட்டப்படுமிடம் எந்த பரிவாரசுருதிகளுக்கு ஒரு முடி ஆக, அதாவது அசைவில்லாத இடமாக இருக்க வேண்டியிருக்கின்றதோ, அந்த பரிவாரசுருதிகள் சப்தத் திலிருக்கும் பரிவாரசுருதி வரிசையில் இருக்காது என்பது தான். இதன்படி ஸோனமிடரில் கம்பியின் நடுமத்தி யைப் பிடித்துக்கொண்டு மீட்டினால் உண்டாகும் சப்தத் தின் பரிவாரசுருதிகளின் வரிசையில் இரண்டாவது பரிவார சுருதி, நான்காவது பரிவாரசுருதி, ஆறுவது பரிவாரசுருதி, இம்மாதிரி இரட்டைப்படை எண் பரிவார சுருதிகள் இருக்கா என்று அவர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக் கின்றது. இந்த விதி தம்பூராவிலும், வீணையிலும் உண்டாகும் சப்தத்தில் அனுஷ்டிக்கப்படவில்லை என்று ஸி.வி. ராமன் கூறுகிறார். வீணையின் நாதம் வன்மையற்று மிகுதியான முழக்கம் இல்லாமல் இருப்பதற்குக் குடம் முதலிய பாகங்களின் கனமே காரணமாகும். மெல்லிய பலகையினால் குடம் முதலிய பாகங்கள் செய்யப்பட்டால், இதை ஒருவாறு நீக்கிக்கொள்ளலாம். மேலும் கம்பித் துடிப்புகளை விரைவில் ஏற்றுக்கொண்டு குடத்தின் எல் லா பாகங்களும் துடிப்பதற்கு குடம் செய்யப்பட்ட மரத் தில் ஒலியின் வேகம் மிகுதியாக இருக்கவேண்டும். இதற்கு குறைந்த செறிவும் மிகுந்த நெகிழ்ச்சியும் கொண்ட மரம் தான் ஏற்றது. வீணையின் நாதம் குறைவாக இருப்பதற்கு மற்றொரு காரணம் அதன் குதிரை கனமாய் இருப்பது ஆகும்.

பிடில் :—இது மேனாட்டார்களால் மிகவும் கொண்டாடப்படும் வாத்தியம். இதை அவர்களிடமிருந்து நாம் சம்பாதித்துக்கொண்டிருக்கிறோம். இதன் அமைப்பை 44-ம் படத்தில் காணலாம். இதனுடைய ஒலிபெருக்கும் சாதனத்தினால் இந்த வாத்தியத்திற்குப் பெருமை ஏற்பட்டிருக்கின்றது. நல்ல பிடில்களின் ஸவுண்ட்பாக்ஸ் எல்லா சுருதியுள்ள சப்தங்களையும் பெருக்கிக் கொடுக்கும். அதன் வயிற்றில் மரக்குதிரை ஒன்று இரண்டு எப்போன்ற துவாரங்களுக்கு மத்தியில் வைக்கப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அதனுடைய இரண்டு கால்களில் ஒன்று Sound Post) ஸவுண்ட் போஸ்ட் என்று சொல்லப்படுவதும் பெட்டியின் மேல் பலகையையும் கீழ் பலகையையும் சேர்க்கின்றதுமான ஒரு சிறு துண்டின்மேல் பொருத்தி வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. கம்பிகள் குதிரையிலிருந்து வரும் விதம் வீணை தம்பூரா வாத்தியங்களிருப்பது போலில்லாமல் இருப்பதை கவனிக்கவும். கம்பிகளுக்கு பிகு கொடுப்பதற்காக பிருடைகள் (Finger Board) விரல் பலகையின் கடைசியில் இயற்றப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். மேனாட்டார் கையாளும் வாத்தியத்தில் நான்கு கம்பிகளில் மூன்று நரம்புகளாகவும், ஒன்று



பிடில் வாத்தியம்
படம் 44

எஃகு கம்பியாகவும் இருக்கும். கம்பிகளை மீட்டுவதற்கு Bow என்று சொல்லப்படும் வில் உபயோகப். படுத்தப்படு கின்றது. வில்லில் ஒரு நுனியிலிருந்து மற்றொரு நுனிக்கு அநேகம் குதிரை மயிர்கள் நீளவாட்டத்தில் கட்டப்பட் டிருக்கின்றன. அவைகளை பிகுவாக இழுப்பதற்கு வில் லின் கீழ்ப்பக்கத்தில் ஒரு திருகு வைத்திருப்பதைக் கவ னிக்கலாம். ரோஸனம் (Resin) என்ற பொருளில் வில்லைத் தேய்த்துப் பிறகுகம்பிகளின் மேல் இழுக்கப்படும். வில்லை இழுக்கும்போது கம்பிகளுக்கு லம்பமாக வைத்துக் கொண்டு இழுக்கவேண்டும். இல்லாவிட்டால் கம்பிகளின் நெட்டுத் துடிப்புகள் ஏற்படும். அதனால் கிரீச் என்று அதிக சுருதியுள்ள சப்தம் கேட்கும். அதாவது கம்பிகள் குறுக்கு துடிப்புகள் மட்டும் செய்யுமாறு வில்லை மீட்ட வேண்டும். (Finger Board) விரல் பலகையில் இடதுகை விரல்களினால் கம்பிகளைத் தொடுவதினால் கம்பிகளின் அசையும் நீளத்தை குறைத்து அவைகளின் சுருதியை மாற்றலாம். இதனால் மியூஸிகல் ஸ்கேலின் நோட்டுகள் எல்லாவற்றையும் வாசிக்கலாம்.

இப்பொழுது பிடிலிலிருந்து சப்தம் எவ்வாறு வரு கின்றது என்று பார்ப்போம். வில்லைக் கம்பிகளில் இழுப் பதினால், அவைகளில் துடிப்பு ஏற்பட்டு அந்த அதிர்ச்சி குதிரையின் மூலமாக பெட்டியின் வயிற்றிற்கு இறங்கி, ஸவுண்ட் போஸ்டின் மூலமாக பெட்டியின் பின் பக்கத் துப் பலகைக்குச் சென்றும், பெட்டிக்குள்ளிருக்கும் காற் றிலும் மேற்பலகையினால் அதிர்ச்சி ஏற்பட்டும் பெட்டி பூராவும் அசைந்து சப்தம் அதிகப்படுவதால் வெளிக்காற் றில் பரவுகிறது. வீணையிலும் தம்பூராவிலும், குதிரைக்கு சுற்றிக் குடத்திலிருக்கும் காற்றிற்கும், வெளிக் காற்றிற் கும் சம்பந்தம் ஏற்படுவதன் பொருட்டு, சிறு துவாரங் களிருப்பது போல், பிடிலிலும் குதிரைக்கு இருபுறத்திலும், எப் போன்ற பெரிய துவாரங்கள் இருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். எவ்வாறு வில்லை ஒரு புறத்திலிருந்து

மற்றொரு புறத்திற்கு இழுப்பதினால் கம்பிகளின் துடிப்பு ஏற்படுகின்றது என்று முதலில் கவனிப்போம். வில் ஒரு தடவை ஒரு புறத்திலிருந்து மற்றொரு புறத்திற்கு இழுக்கப்படும் பொழுது ரோஸனம் தடவிய மயிர்கள் கம்பியைக் கவ்வுவதினால் வில்லுடன் சிறிது தூரம் செல்லுகின்றது. பிறகு கம்பியின் பிகு அதிகமாவதால் வில்லுடன் செல்லாமல் கக்கிக்கொண்டு அதற்கு எதிராக சிறிது தூரம் செல்லுகின்றது. மறுபடியும் மயிர்கள் கம்பியைக் கவ்வுவதினால் வில்லுடன் செல்லுகின்றது, இம் மாதிரியாகவில்லை ஒருபுறத்திலிருந்து மற்றொருபுறத்திற்கு இழுப்பதினால் கம்பி மாறி மாறி சிலசமயம், வில் செல்லும் மார்க்கத்திலும் பிறகு அதற்கு எதிராகவும் செல்லும். அதனால் கம்பி துடிக்கின்றது. அதிர்ச்சி கம்பியிலிருந்து குதிரை, பெட்டியின் வயிறு, அதன் கீழ்ப்பக்கம், பெட்டியிலிருக்கும் காற்று இவைகளின் மூலமாக வரும் பொழுது மாறுதலை அடைவதினால் வாத்தியத்திலிருந்து வரும் சப்தத்தின் பண்பு இந்த பாகங்கள் எல்லாவற்றையும் பொருத்திருக்கின்றது. பெட்டி செய்யப்பட்டிருக்கும் மரமும், அதன்மேல் பூசப்பட்டிருக்கும் வார்னிஷ"ம்கூட சப்தத்தின் பண்பை ஆளுகின்றதென்று கருதப்படுகின்றது. தவிர வில்லைக் கம்பிகளின் மேல் இழுக்கும்பொழுது அமுக்கத்தை மாற்றுவதனாலும், வில் இழுக்குமிடத்தை மாற்றுவதாலும் சப்தத்தின் பண்பை மாற்றலாம் என்று சொல்லப்படுகின்றது. இந்த வாத்தியம் (Mute) மியூட் என்று சொல்லப்படும் தகட்டை பிரிட்ஜின்மேல் அமைத்து வாசிப்பதும் வழக்கம் உண்டு. அப்பொழுது பிடிலின் சப்தம் குறையும். ஏனெனில் கம்பிகள் துடிப்பு வீச்சு தகடை சேர்த்ததினால் குறைகின்றது. அதனால் சப்தமும் குறையும். தவிர பிடில் வாத்தியத்தில் (Wolf note) வுல்ப் நோட் என்று சொல்லப்படும் சப்தம் ஏற்படும்பொழுது காதுகளைத் துளைக்கும் படியான சப்தம் உண்டாவதை கவனிக்கலாம். அந்த சப்தம் பிடிலிலிருந்து வரும்பொழுது, பிடிலின் உடல் பூராவும் அதிருவதைக் கவனிக்கலாம். ஆனால் அந்த

சப்தம் வரும்பொழுது வில்லை மீட்டுவது மிகவும் சிரமமான காரியமாக இருக்கும். எதனால் அவ்வாறு சப்தம் உண்டாகின்றது என்பதற்கு ஸி. வி. ராமன் அவர்கள் ஆராய்ச்சி செய்து சரியான காரணத்தை கண்டுபிடித்திருக்கிறார். பிடில் வாத்தியத்தில் தேர்ச்சிபெற முதலில் வில் நன்றாகப் போட பழகவேண்டும். எப்படி வாய்ப்பாட்டுக்கு குரல் அவசியமோ அதுபோலப் பிடில் வாத்தியத்தில் நல்ல பயிற்சிபெற வில் போடும் முறைதான் முக்கியமானது. இதற்கு வேண்டிய விசையும், அழுத்தமும், நாளடைவில் பழக்கத்தினால்தான் ஏற்படும். வாசிப்பதற்கு இடதுகை மணிக்கட்டு, விரல்கள் இவற்றை நன்கு பழக்க வேண்டும்.

காற்று வாத்தியங்கள்:— காற்றின் அசைவை ஆதாரமாகக்கொண்ட வாத்தியங்களில் புல்லாங்குழல் வாத்தியத்தை இப்பொழுது கவனிப்போம். அது திரண்ட வடிவமுள்ள மூங்கில் குழாயில் செய்யப்பட்டது. மேனாட்டார்கள் இதை வெள்ளி, பொன் முதலிய உலோகங்களிலும், கறுப்பு மரத்திலும் (Ebonite) செய்கிறார்கள். அதன் அமைப்பை 45 ம் படத்திலிருந்து காணலாம். அதில் ஒரு பக்கம் மட்டும் திறந்திருக்கின்றது. அதன் மூடப்பட்ட நுனிக்கு சமீபத்தில் (Mouth hole) மவுத் ஹோல் அல்லது ஊது துளை என்று சொல்லப்படும் துவாரமும் அதைத்



படம் 45 புல்லாங்குழல் வாத்தியம்

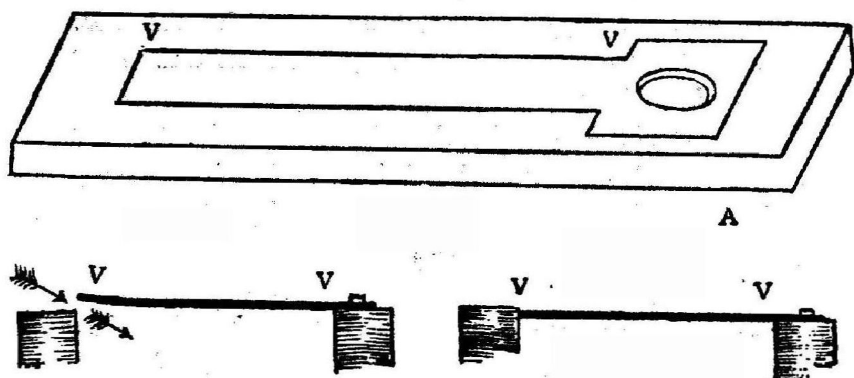
தவிர இடைக்கிடையே ஆறு துவாரங்களும் மற்ற நுனி வரையில் துளைக்கப் பட்டிருக்கின்றதைப் படத்தில் காண லாம். மேனுட்டார் கையாளும் வாத்தியங்களில் ஊது துளையும் மற்ற துளைகளும் ஒரே அளவாக இருக்கும். ஆனால் நம் நாட்டு வாத்தியங்களில் ஊது துளை விரல் துளை களைக் காட்டிலும் சற்றுப் பெரியதாக இருக்கும். மேலும் விரல் துளைகளின் எண்ணிக்கை வாத்தியத்துக்கு வாத் தியம் வேறுபடுகிறது. தென்னிந்தியாவில் எட்டு விரல் துளைகள் கொண்ட வாத்தியத்தையே பெரும்பாலும் உப யோகித்து வருகிறுர்கள். வாசிக்கும்பொழுது (Mouth hole) மவுத் ஹோல் என்று சொல்லப்படும் துவாரத்தைக் கீழ் உதட்டிற்கு நேராக வைத்துக்கொண்டு ஈரல்களி லிருந்து வரும் காற்றை துவாரத்தின் விளிம்பில் மோதும் படி ஊதவேண்டும். ஆர்கன் பைப் வாத்தியத்தில் பார்த் ததுபோல் இவ்விடம் ஊதப்படும் காற்று உள்ளும் புற முமாக அசையும். அதனுல் காற்றில் துடிப்பு ஏற்பட்டு அந்த அதிர்ச்சியைக் குழாயிலிருக்கும் காற்று அதிகப் படுத்தி வெளிக்காற்றில் அலைகள் உண்டாகி, புல்லாங் குழலிலிருந்து ஒலி கிளம்புகிறது. விரல் துளைகளை விரல் களினுல் மூடித் திறப்பதால் மியூஸிகல் ஸ்கேலின்படி நோட்டுகள் வாசிக்கப்படும். எவ்வாறு இந்த வாத்தியத் தில் சப்தம் உண்டாகின்றது என்பதற்கு முதலில் ஒரு சமா தானம் கொடுக்கப்பட்டது. அதாவது உதடுகளிலிருந்து (Mouth hole) ஊது துளையின் விளிம்பில் மோதும் காற்றை (Reed) மெல்லிய படலத்துக்கு ஒப்பிட்டு, குழாயிலிருக்கும் காற்றின் நீளத்திற்குத் தகுந்தவாறு அந்த பீறல் அசை கின்றதென்று கருதப்பட்டது. இது தவறு என்றும் அவ் வாறு ஏற்படுவதற்கு வேறு காரணம் கூறவேண்டு மென்றும் நவீன ஆராய்ச்சிக்காரர்களான (Richardson) ரிச்சர்ட்ஸன், (Hensen) ஹென்ஸன் இவர்களால் கருதப் பட்டு கீழ்க்கண்ட காரணம் கூறப்படுகின்றது. ஓடும் தண்ணீரில் ஒரு குச்சியைக் குத்திட்டு வைத்துக்கொண் டிருந்தால் அதன் இருபுறத்திலிருந்தும் நீர்ச்சுழிகள் ஏற்

பட்டு அவைகள் கலந்து நீருடன் போவதைக் கவனிக்க லாம். இந்த நீர்ச்சுழிகள் குச்சியை மாறி மாறித் தள்ளும். அதன் வலுவை, குச்சியை ஒரே இடத்தில் வைத்துக் கொள்ளாமல் தண்ணீரில் குச்சியை இழுத்தோமென்றால், அப்பொழுது நம்முடைய கையில் ஆட்டம் கொடுப்பதி லிருந்து அறியலாம். நீரில் குச்சியை வைத்துக்கொள் வதற்குப் பதிலாக காற்றில் ஒரு கம்பியை நட்டால், மேற் கூறிய சம்பவம் இவ்விடம் நடக்கின்றது. நீரில் சுழிகள் ஏற்படுவதற்குப் பதிலாக காற்றில் சுழிகள் ஏற்பட்டு கம்பியை, முன்னும் பின்னுமாகப் பக்கவாட்டத்தில் அசைத்து கம்பியை துடிக்கச் செய்யும். சுழிகளின் அசை விற்கு உண்டான துடிப்பு எண்ணும் கம்பிக்கு இயற்கை யாக உள்ள துடிப்பு எண்ணுமொன்று சேரும்பொழுது காற்றில் சப்தம் உண்டாகும். இம்மாதிரி ஏற்படும் சப் தம்தான் நாம் (Telegraph posts) தந்திமரங்களின் அடியில் கேட்கும் சப்தம். மேற்கூறியதுபோல உதடுகளிலிருந்து காற்று ஊது துளையின் விளிம்பில் மோதும் பொழுது காற்றில் சுழிகள் ஏற்பட்டு, அவைகளின் துடிப்பு எண் குழாயிலிருக்கும் காற்றின் இயற்கையான துடிப்பு எண் ணுடன் சேருவதால் சப்தம் உண்டாகின்றது என்ற சமா தானம் ரிச்சர்ட்ஸன் ஹென்ஸன் இவர்களால் கொடுக்கப் படுகின்றது. தவிர அம்மாதிரி ஊதும்பொழுது காற்றிற்கு நாம் கொடுக்கும் வலிமையினால் சப்தத்தின் சுருதியை இரண்டு மடங்காகச் செய்யலாம் என்ற விபரத்தை அறிந்திருக்கலாம். அதாவது கீழ் ஸ்தாயிக்கு உண்டான நோட்டுகளை வாசிக்கும் பொழுது காற்றிற்கு வலிமையைக் குறைவாகவும், மேல் ஸ்தாயில் நோட்டுகளை வாசிக்கும் பொழுது வாசிப்பவர்கள் காற்றிற்கு வலிமையை அதிக மாகவும் கொடுக்கின்றார்கள் என்ற விபரத்தை நீங்கள் அறிந்திருக்கலாம். இதற்கு மேற்சொன்ன விஞ்ஞானிகள் கூறும் காரணத்தைக் கவனிப்போம். உதடுகளிலிருந்து ஊதப்படும் காற்று ஊது துளையின் விளிம்பில் மோதும் பொழுது காற்றில் ஏற்படும் சுழிகளின் அசைவிற்கு உண்

டான துடிப்பு எண், ஊதப்படும் காற்றின் வலிமையைப் பொருத்திருக்கின்றதென்றும், அந்த எண் காற்றின் வலிமை அதிகமாக, அதிகமாக ஆகின்றதென்றும் சோதனை மூலமாக நிரூபிக்கக் கூடுமென்கிறார்கள். முதவில் அந்த எண் எப்பொழுது குழாயின் மூல சுருதியுடன் சேருகின்றதோ, அப்பொழுது சப்தம் ஏற்படுகின்றது. காற்றின் வலிமையை அதிகப்படுத்தினால் சுழலின் துடிப்பு எண் அதிகமாகி, குழாயின் காற்றிற்கு உண்டான முதல் பரிவார சுருதியுடன் சேர்ந்தபொழுது சப்தம் மறுபடியும் உண்டாகின்றது. அதனால் 1 ஸ்தாயி தள்ளி சப்தம் கேட்கின்றது என்று கூறுகிறார்கள். புல்லாங்குழலை இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாய்க்கு ஒப்பிடவேண்டும். அதற்கு உண்டான பரிவார சுருதிகளின் வரிசை 1, 2, 3, 4 இம்மாதிரி வரிசைக் கிரமமாகவிருக்கும். ஆனால் அவைகளின் பலம் குழாயின் சுற்றளவையும் துவாரங்களின் அளவையும் பொருத்திருக்கின்றதென்றும், புல்லாங்குழலின் சப்தத்தில் பரிவாரசுருதிகள் அதிகம் இல்லை என்றும் கருதப்படுகின்றது. இதை ஹெம்ஹோல்ஷ் என்றவர் சோதனை மூலமாக நிரூபித்தார். அவர் சோதனையிலிருந்து புல்லாங்குழல் சப்தத்தில் முதலாவது பரிவார சுருதிமட்டும் இருப்பதாகக் கண்டுபிடித்திருக்கிறார். அதனால்தான் சப்தம் காதிற்கு மிருதுவாகவிருக்கின்றதென்று கருதுகின்றார்.

ரீடு வாத்தியங்கள் :—சில வாத்தியங்கள் ரீடுகள் என்ற மெல்லிய தகடுகளின் அசைவை ஆதாரமாகக்கொண்டிருக்கின்றன. அவைகளில் குழாய்களுடன் சேர்க்கப்பட்ட ரீடு வாத்தியங்கள் என்றும், தனி ரீடு வாத்தியங்களென்றும் இரண்டு விதம் இருக்கின்றன. உதாரணமாக ஹார்மோனியத்தில் குழாய் சம்பந்தமில்லாமல் தனி ரீடுகள் துடிப்பினால் சப்தங்கள் உண்டாகின்றன. ஹார்மோனியத்தில் கருப்புக் கட்டைகள், வெளுப்புக் கட்டைகள் ஒவ்வொன்றின் கீழும் ஒவ்வொரு ரீடு இருக்கின்றது. அதன் கருத்தை அறிய 46ம் படத்தைக் கவனிக்கவும்.

அதில் A என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் துண்டின்மேல் V V என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் மெல்லிய தகடு இணைக்கப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அந்த தகடு ஒரு பக்கத்தில் அத்துண்டுடன் சேர்க்கப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அந்தத் தகடு சாதாரணமாகவிருக்கும் பொழுது துண்டிலிருக்கும் துவாரத்தை மூடிக்கொண்டிருக்கும். துண்டிற்கு ஒருபுறத்திலிருந்து மற்ருெரு புறத்திற்குக் காற்றை அனுப்புவித்தால் துவாரத்தை மூடிக்கொண்டிருக்கும் தகட்டை அது அசையச் செய்யும். அதனுல் தகடு மேலும் கீழுமாக துடிக்கும். அவ்வாறு ஏற்படும் துடிப்பின் எண்ணிக்கை ரீடினுடைய கனத்தையும் நீளத்தையும் பொருத்திருக்கின்றது. ஹார்மோனியத்தில்



ஹார்மோனிய வாத்தியத்தின் ரீடு அமைப்பை விளக்கும் படங்கள்

படம் 46

சுருதி அதிகமாக, கட்டைகளின் கீழிருக்கும் ரீடுகள் நீளத்திலும் கனத்திலும் குறைந்துகொண்டு வரும். கருப்புக் கட்டையையோ வெளுப்புக் கட்டையையோ ஒன்றை அழுத்தும்போது துருத்தியிலிருந்து வரும் காற்று அந்தக் கட்டையின் கீழிருக்கும் ரீடை துடிக்க செய்கிறது. அதனுல் சப்தம் ஏற்படுகின்றது. அவ்வாறு உண்டாகும் சப்தத்தில் பரிவாரசுருதிகள் நிரம்ப இருக்கின்றன.

ரீடுகளைக் குழாய்களுடன் சேர்த்து வாசிக்கப்படும் வாத்தியங்கள் அனேகமிருக்கின்றன. அவ்வாறு சேர்க்கப் பட்டிருக்கும் ரீடுகள் (stiff) முரணுகை இருக்குமானுல் குழா யிலிருக்கும் காற்றை அதற்குத் தக்கவாறு துடிக்கச் செய்யும். அல்லது அவை துவளுமானுல் குழாயிலிருக் கும் காற்றிற்கு தகுந்தவாறு தாம் துடிக்கும். குழா யுடன் சேர்க்கப்பட்ட ரீடு வாத்தியத்திற்கு நாகசுரத்தை உதாரணமாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். இந்த வாத்தியம் தென்னிந்தியாவிலேயே அதிகப் பிரபலமாய் இருக்கின் றது. இதில் குழாய் கூர் உருளை வடிவம் கொண்டிருப்பதை யும், கூரிய முனையில் ரீடு செருகப்பட்டிருப்பதையும் பார்க்கலாம், இதை பெரும்பாலும் ஆச்சாமரம் என்ற மரத்திலே செய்வது வழக்கம். வெள்ளி, தங்கம் முதலிய உலோகங்களிலும் இக்கருவி செய்வதுண்டு. இதில் சேர்க் கப்படும் ரீடு பிரம்பில் செய்யப்பட்ட சிறியதொரு நறுக்கு. முதலில் இதை உருண்டை வடிவமாய் எடுத்துக்கொண்டு பின்பு சப்பட்டையாக செய்து, இதன் அடியில் நரம்பை இறுகக் கட்டிவிடுவார்கள். நறுக்கின் நெடுக சிறிது சந்து தோன்றும். சப்பட்டையான பாகத்தை மேல் உதடு, கீழ் உதடுகளினுல் கவ்விக்கொண்டு ஊதினுல், நறுக்கிலுள்ள சந்தின் வழியாக அந்த காற்றுவளிவர, நறுக்கின் பக்கங் கள் துடித்து ஒலியை எழுப்புகின்றன. சந்து சிறியதானுல் குறைந்த அளவுக்கு காற்றை அனுப்பினுல் போதும். சந்து பெரியதானுல் காற்றை அதிகமாக அனுப்ப வேண்டும். நறுக்கு நன்ருக துவளும் தன்மையைப் பெற் றிருந்தால் வாசிப்பதற்கு சௌகரியமாக இருக்கும். இதற் காக பல நறுக்குகள் சேர்ந்த கொத்து ஒன்று வாத்தியத் தில் கட்டித் தொங்குவதை கவனிக்கலாம். நறுக்கின் சந்தை அவ்வப்போது சரிபடுத்திக்கொள்ளக் கூரானதொரு தந்த ஊசியையும் சேர்த்துக் கட்டிக்கொள்ளுவார்கள்.

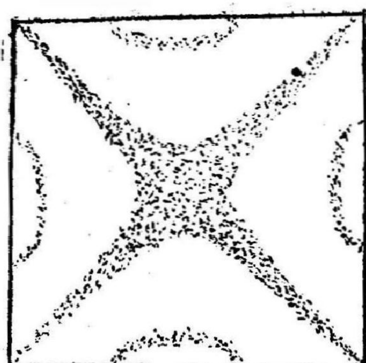
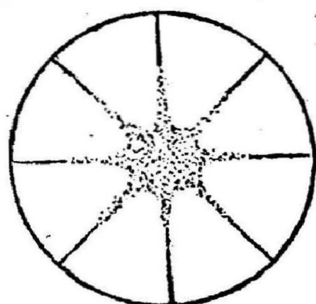
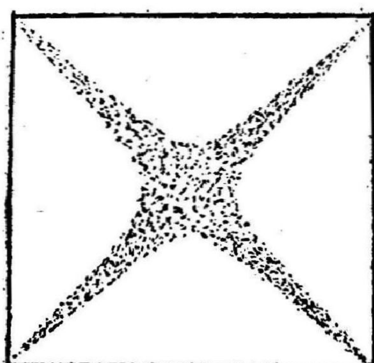
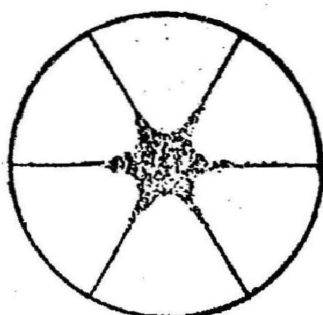
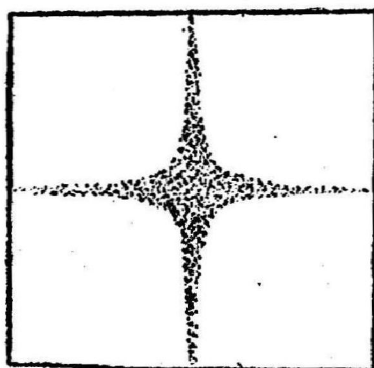
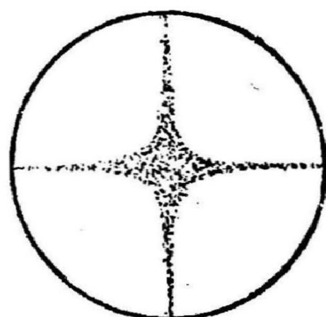
இனி இதில் ஒலி எழும்பும் விதத்தை சற்று கவனிப் போம். ரீடைச் செருகி அதை உதடுகளினுல் கௌவிக்

கொண்டு கைவிரல்கள் துளைகளை மூடித்திறக்க வசதியாய் இருக்குமாறு பிடித்துக்கொண்டு, காற்றை இலேசாக அனுப்புவார்கள். இதனால் நறுக்கின் பக்கங்கள் துடிக்கும். துடிப்பதால் நறுக்கிலுள்ள சந்து மூடித்திறக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு துடிக்கும்போது குழாயிலுள்ள காற்று நிரையின் சுருதியை நறுக்கும் மேற்கொள்ளுகிறது. எனவே பெருமுழக்கத்துடன் ஒலி எழும்புகிறது. இதில் குழாய் கூர் உருளைவடிவம் கொண்டிருந்த போதிலும் அதன் காற்று நிரையின் துடிப்பில் எல்லாப் பரிவார சுருதிகளும் கலந்து வருகின்றன. மர நாகசுரத்தின் ஒலியில் இருப்பதைக் காட்டிலும் வெள்ளி, தங்கம் இவற்றில் செய்த நாகசுரங்களின் நாதத்தில் அதிக அளவுக்கு பரிவார சுருதிகள் அமைந்திருக்கும்.

இதன் அடியில் வாய் அகன்ற மற்றொரு குழாய் சேர்க்கப்படும். இதை வேண்டும் பொழுது கழற்றிவிடலாம். வாத்தியத்தின் நீளம் ஆதார சுருதிக்குத் தக்கவாறு அமைந்திருக்கும். குழாய்களிலுள்ள காற்று நிரைகளின் துடிப்புகளைப் பார்க்கும்போது நீளமான குழாய்கள் குறைந்த சுருதியையும், குட்டையான குழாய்கள் மிகுந்த சுருதியையும் பெற்றிருக்கும் என்று பார்த்தோம். இதை ஒட்டி சுருதி அதிகமாயுள்ள நாகசுரங்கள் குட்டையாயும் சுருதி குறைவாய் உள்ள வாத்தியங்கள் நீளமாயும் இருக்கும். குட்டை நாகசுரங்களைத் திமிறிநாகசுரங்கள் என்று கூறுவார்கள். திமிறிநாகசுரங்களை வாசிப்பது கஷ்டம். புல்லாங்குழலைப் போல இவ்வாத்தியங்களில் மேளகர்த்தாக்களின்படி ஸ்வரங்களைப் பிடிக்க விரல் துளைகள் இருக்கின்றன. ஒரே வரிசையில் எட்டு துளைகளும் சற்று விலகிக் குழாயின் அடியின் இருபுறத்திலும் இரண்டு இரண்டாக நான்கு துளைகளும் ஆக பன்னிரண்டு துளைகள் இருக்கின்றன.

Percussion Instruments : பேர்குஷன் வாத்தியங்கள் :— பெர்குஷன் வாத்தியங்களைப் பார்க்கும் முன்பாக, தகடு

களும், (Stretched membranes) பிகுவாக இழுக்கப்பட்ட தோல்களும் எவ்வாறு துடித்து சப்தங்கள் உண்டாகின்றனவென்று கவனிக்கவேண்டும். சதுரக் கண்ணுடி தகடு ஒன்றை எடுத்துக்கொண்டு அதை நடுமத்தியில் ஸ்டாண்டின் உதவியைக்கொண்டு அசையாமல் இருக்குமாறு செய்துகொள்ளவும். அந்த தகட்டின் ஒரு பக்கத்தில், தொட்டுக்கொண்டு, வில்லினுல் தகட்டின் மற்ருெரு பாகத்தை மீட்டினுல் சப்தம் கேட்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் இடத்தை மாற்றியும், வில்மீட்டப்படும் இடத்தை மாற்றியும், பலவித சப்தங்களை உண்டு பண்ணலாம். ஒவ்வொரு சமயமும் சப்தத்தின் குணம் ஒவ்வொன்ருகவிருக்கும். தகடு துடிப்புகளைக் கவனிக்க, வில்லை மீட்டுவதற்கு முன், த்கட்டின்மேல் சன்ன மணலைத் தூவிக்கொள்ளவேண்டும். இப்பொழுது முன்போலத் தொட்டுக்கொண்டு வில்லை மீட்டினுல், தகட்டின் பேரில் இருக்கும் சன்ன மணல் தூள்கள் எகிறி சில இடங்களில் இல்லாமலும், சில இடங்களில் குவிந்தும் படத்தில் காணப்படுவதுபோல, கோலங்கள் போடுவதைக் கவனிக்கலாம். அவ்வாறு, சில இடங்களில் நேர் கோடுகளாகவும், சில இடங்களில் வளைவு கோடுகளாகவும் இருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். ஒவ்வொரு வித துடிப்புக்கும் மணல் சேருமிடங்கள் ஒவ்வொரு விதமாக இருக்கும். 47, 48 படங்களில் அம்மாதிரி உண்டாகும் கோலங்களில் சில காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவைகள் (Chladni's figures) சிலாட்னி கோலங்கள் என்று சொல்லப்படும். இக்கோலங்கள் ஏற்படும் விதத்தை சுலபமாக உணரலாம். நாம் கம்பிகளின் அசைவைப் பார்க்கும் பொழுது ஒரு கம்பி ஒரு கண்டமாகவும், பல கண்டங்களாகவும் அசைகின்றதை கவனித்திருக்கிறோம். அதேமாதிரியாக தகடும் பல பிரிவுகளாக துடிக்கின்றது. கம்பி பல கண்டங்களாக அசையும் பொழுது சில இடங்களில் அதிகமான அசைவையும் சில இடங்களில் அசைவு இல்லாமலிருக்கின்றதையும் கவனித்திருக்கின்றோம். அதாவது எதிர்முடிகளை

தகடுகளின் துடிப்பை விளக்கும் சிலாட்னி கோலங்கள்

படம் 47 படம் 48

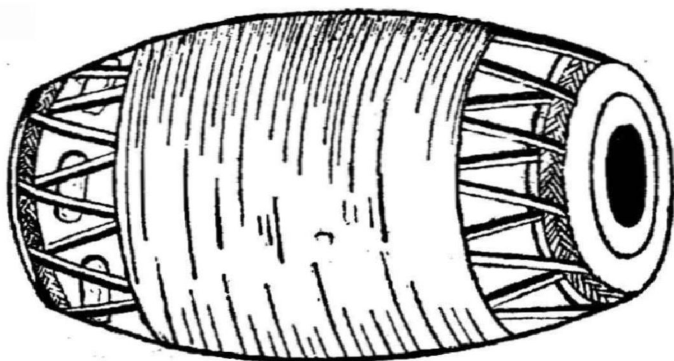
யும் முடிகளையும் கம்பிகளில் பார்த்தோம். அங்கே முடி கள் குத்திட்ட இடங்களிலிருக்கின்றன. இவ்விடம் அவை கள் எல்லாம் ஒரு கோட்டின் மேலிருக்கின்றன. அந்தக் கோட்டிற்கு (Nodal line) நோடல் கோடு என்று சொல்லப் படும். ஒவ்வொரு விதமாக துடிப்பு ஏற்படும்பொழுதும் ஒவ்வொரு மாதிரியாக இக்கோடுகள் அமைந்திருக்கும். இதேமாதிரியாக சதுர தகட்டுக்கு மட்டுமல்ல, கோழி முட் டை வடிவமுள்ள தகடுகளிலும் சக்கரவடிவமுள்ள தகடு களிலும் ஏற்படும் முடிக் கோடுகளைப் பரீக்ஷைசெய்து தெரிந்துகொள்ளலாம். மேலே சொன்ன சோதனையில் தகட்டை வில்லினால் மீட்டாமல் ஏதாவது ஒரு பொருளை வைத்துக்கொண்டு தட்டினாலும் தகடு துடித்து ஒலி எழும் பும். இப்பொழுது (percussion) பெர்குஷனினால் துடிப்பு ஏற்படுகின்றதென்று சொல்லப்படும். தகடு துடிக்கும் பொழுது உண்டாகும் சப்தத்தில் அனேக பரிவார சுருதிகள் கலந்து வருகின்றன. அவைகள் ஒரு வரிசைக் கிரமமாக வருவதற்காகத்தான் தகடை ஒரு இடத்தில் தொட்டுக்கொண்டு மற்றொரு இடத்தில் வில்லை மீட்டு கின்றோம். அவ்வாறு சிரத்தை எடுத்துக்கொள்ளாமல், கண்டபடி மீட்டினாலும், அல்லது அடித்தாலும் ஏற்படும் சப்தம் காதிற்கு இனிமையாகவில்லாமல், வெறுப்பாக விருப்பதை கவனிக்கலாம். ஏனெனில், இப்பொழுது சப்தத்திலிருக்கும் பரிவார சுருதிகள் ஒன்றுக்கொன்று ஒத்திராமல் தாறுமாறாகவிருப்பதால் அவைகளின் சேர்க் கையினால் வெறுப்பைக் கொடுக்கின்றது. சக்கர வடிவ முள்ள கன உலோகத் தகட்டைக் கட்டிக்கொண்டு மர சுத்தியினால் நடு மத்தியில் அடித்து சப்தம் உண்டுபண்ணு வதை நீங்கள் கவனித்திருக்கலாம். கோவில்களிலும், மற்றும் எல்லா விடங்களிலும் உபயோகப்படுத்தப்படும் மணிகளை வளைந்த தகடுகளுக்கு ஒப்பிட்டு அவைகள் பல பிரிவுகளாக அசைந்து சப்தத்தை உண்டுபண்ணுகின்றன என்று கருதப்படுகின்றது. அவைகளை சப்தம் செய்வ தற்கு நாக்கு என்று சொல்லப்படும் கனஉலோகத்

துண்டை அதன் நடுவில் தொங்கவிட்டிருக்கின்றதை கவனிக்கலாம். அதைக்கொண்டு மணியின் பக்கத்தில் மோதுவதினல், அதிர்ச்சி ஏற்பட்டு சப்தம் கேட்கின்றது. மணி பல பிரிவுகளாக அசையும்பொழுது முடிகோடு களில் சில வளைவாகவும், சில நேராகவும் இருக்கும். அவை களிற்கு (Nodal Circles) நோடல் வட்டங்கள் என்றும் (Nodal Meridians) நோடல் மிரிடியன்கள் என்றும் பெயர் சொல்லப்படும். மணி பல பிரிவுகளாக துடிக்கும்பொழுது கண்டவாறு பரிவார சுருதிகள் ஏற்பட்டு சப்தத்தை அரு வருப்பாகச் செய்யாமலிருப்பதின் பொருட்டு அது அடியில் சன்னமாகவும், வரவர தடியாகவும் இருக்கும்படி வார்ப் பிக்கப்படும். வளைவு தகட்டின் துடிப்பை ஆதாரமாகக் கொண்ட வாத்தியத்துக்கு ஜலதரங்கத்தை உதாரணமாகக் கூறலாம். பல அளவுள்ள பீங்கான் கோப்பைகளில் தண் ணீரை எடுத்துக்கொண்டு சிறுகம்புகளால் அவைகளின் விளிம்பில் அடித்து துடிக்கச்செய்து மியூஸிகல் ஸ்கேலின் படி நோட்டுகளை வாசிப்பதைக் கவனிக்கலாம். கோப்பை யுடன் அதனுள்ளிருக்கும் காற்று அசைந்து சப்தத்தைப் பெருக்கிக் கொடுக்கின்றது. தகடுகள் துடிப்பதுபோல, தோல்களும் துடித்து சப்தங்களை உண்டுபண்ணும். ஆனல் தகடுகளுக்கும் தோல்களுக்கும் ஒரு வித்தியாசம் உண்டு. தகடுகளுக்கு இயற்கையாக நெகிழ்சி வண்மை இருப்பதால் அவைகளை இழுத்துக் கட்டவேண்டியதில்லை. ஆனல் தோல்கள் தகடுகள் மாதிரியாக துடிப்பதற்கு நுனிகளில் பிகுவாக இழுக்கப்படவேண்டும். பின்னர் அதேமாதிரி யாக தோல்களும் பல பிரிவுகளாக துடிக்கும். இவ்விட மும் முடி கோடுகள் உண்டாவதை மணலைக்கொண்டு முன்போல சோதனையினல் அறியலாம். தோலில் துடிப்பு உண்டாவதற்கு அதை ஒருபொருளினல் அடிக்கவேண்டும்.

மிருதங்கம் :—இதன் அமைப்பை 49-ம் படத்திலிருந்து காணலாம். இது பிப்பாய் வடிவமுள்ளதாகவிருக்கின்ற தைக் கவனிக்கலாம். இதன் நீளம் சுமார் 2 அடி இருக்கும்.

நடுமத்தியில் இதன் சுற்றளவு சுமார் 3 அடி இருக்கும், இரண்டு பக்கங்களிலும் தோல்களால் மூடப்பட்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அவைகளை பிப்பாயின்மேல் தெரியும் நீளத் தோல்களைக்கொண்டு பிகுவாய் இழுத்துப் பிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அவைகளின் அடியில் சிறு மரத்துண்டுகளைப் புகுத்தி வைத்திருப்பதைக் கவனிக்கலாம். அவைகளின் இடங்களைச் சற்று முன்னும் பின்னுமாக மாற்றுவதால், பக்கங்களை மூடியிருக்கும் தோல்களின் பிகுவை மாற்றலாம். அவ்வாறு பிகுவை அதிகப்படுத்தி தோல்களைத் தட்டினால் சப்தத்தின் சுருதி அதிகமாகும். மிருதங்கத்தின் இரண்டு பக்கங்களிலிருக்கும் தோல்களைக் கவனித்தால் ஒன்று சாதாரணமாகவும், மற்றொன்றின் நடுமத்தியில் கருப்பாகவிருப்பதையும் கவனிக்கலாம். கருமையான பாகம் மற்ற பாகத்தைக் காட்டிலும் உயர்ந்திருப்பதைக் கவனிக்கலாம். இதன் அமைப்பு சற்று சிக்கலானது. இத்தோல் மூன்று அடுக்குகள்கொண்டது. இதில் இரண்டு தோல் வளையங்களாகவும், மற்றொன்று வட்டமான வில்லையாகவும் இருக்கும். தோல் வளையங்களுக்கு இடையே வில்லை இருக்கும். வளையங்களை ஆட்டுத் தோலிலும், வில்லையைப் பசுமாட்டுத் தோலிலும், செய்வார்கள். வாத்தியம் செய்வதற்கு முன் இம்மூன்று தோல்களையும் சில நாட்கள் தண்ணீரில் ஊறப் போடுவார்கள். பிறகு இவற்றை எடுத்து, பிப்பாயின் வலதுபக்கத்தின் மீது வைத்துக்கொண்டு, இவற்றின் விளிம்பில் சில இடங்களில் துவாரங்களை இட்டு அவற்றில் நீண்ட தோல்வார்களைப் புகுத்தி விடுவார்கள். இடது பக்கத்து தோலை தயார்செய்து அதையும் அதன் இடத்தில் பொருத்திக்கொண்டு முன் சொன்ன நீண்ட தோல்வார்களினால் இடது வலது பக்கங்களை நன்றாக இழுத்து இணைத்துவிடுவார்கள். இடது பக்கத்துத் தோல் இரண்டு அடுக்குக் கொண்டது. ஒன்று வளையமாகவும், மற்றொன்று முழு வில்லையாகவும் இருக்கும். வளையத்தை ஆட்டுத் தோலிலும் முழு வில்லையை எருமைத் தோலிலும் செய்வார்கள், கருமையான பாகம் எவ்வாறு

அமைக்கப்படுகிறது என்பதை இப்போது கவனிப்போம். ஒருவித சுக்காங்கல்லை நன்ருகப் பொடிசெய்து அப்பொடியுடன் ரோசனம், சாதம் இவற்றைக் கலந்துகொண்டு இக்கலவையை வலது பக்கத்தின் நடுவில் இலேசாகத் தடவுவார்கள். காய்ந்தவுடன் ஒரு குழவியை வைத்துக்கொண்டு அதை நன்ருகத் தேய்ப்பார்கள். பின்னர் தோலின் விளிம்பிலும், நடு மத்தியிலும் தட்டி இரண்டு ஒலிகளின் சுருதியும் ஒன்ருய் இருக்கின்றனவா என்று பார்க்கப்படும். அவ்வாறு இல்லாவிடில் அக்கலவையை



மிருதங்க வாத்தியம்
படம் 49

மறுபடியும் பூசி காயவைத்துக் குழவியினுல் பின்னும் தேய்ப்பார்கள். இவ்வாறு நன்ருக தேய்ப்பதினுல்தான் வலது பக்கத்தின் மத்திய பாகம் கண்ணைப்போல பளபள வென்று கருப்புநிறமாக தோன்றுகிறது. வாசிக்கும்போது இதன் சுருதி ஷட்ஜமாக வைத்துக்கொள்ளப்படும். வாசிப்பதற்கு முன், இடதுபக்கத்து தோலின் மத்தியில் ரவை மாவை தண்ணீரில் பிசைந்து அதை தடவிக்கொண்டு சுருதியை இறக்கி இதன் பஞ்சமமாக வைத்துக்கொள்ளப்படும். தோல் நன்ருக துடிப்பதற்கு விரல்களால் தட்டி வெகு சீக்கிரம் விரல்களை எடுத்துவிடவேண்டும். அவைகளின் மேல் விரல்கள் எப்பொழுதும் பட்டுக்கொண்டிருந்தால்

தோல்களினுடைய துடிப்பின் வீச்சு குறைந்து சப்தம் குறைவாகக் கேட்கும். பொதுவாக தோல்களின் அசைவினுல் உண்டாகும் சப்தங்களில் பரிவார சுருதிகள் இசை பொருத்தமில்லாமலிருக்கும். அதனுல் சப்தம் காதிற்கு அருவருப்பைக் கொடுக்கும். ஆகையினுல் தோல்வாத்தியங்கள் அபஸ்வர வாத்தியங்களென்று கருதப்படுவதுண்டு. அவைகளைத் தாளத்திற்காக உபயோகப்படுத்தப்படும்பொழுது பரிவார்சுருதிகளுக்குள் இசைப் பொருத்தம் இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். தோலின் தடிப்பை விளிம்பிலிருந்து மத்திக்கு வரவர அதிகப்படுத்திக்கொண்டு வந்தால் தோலினுல் ஏற்படும் சப்தத்தில் வரும் பரிவார சுருதிகளுக்குள் இசைப் பொருத்தம் ஏற்பட்டு சப்தம் காதிற்கு இனிமையாகவிருக்கும் என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. மிருதங்கத்தில் கருமையாக இருக்கும் பக்கம் இம்மாதிரி விளிம்பிலிருந்து அதிகரித்துக்கொண்டு வருவதனுல் மிருதங்கத்தின் நாதம் இனிமையாக இருக்கின்றதென்றும் ஸி. வி. ராமன் ஆராய்ச்சி செய்து கூறுகின்றார். பிப்பாயில் ஏதாவது விரிசல் ஏற்படும் போது நாதம் கெட்டுப்போவதைக் கவனிக்கலாம். ஏனெனில் தோலில் ஏற்படும் அதிர்ச்சி பிப்பாயிலும், அதிலிருக்கும் காற்றிலும் ஏற்படுவதனுல் வெளிக்காற்றில் சப்தம் பரவுகின்றது. பிப்பாயில் விரிசல் ஏற்படும்பொழுது இதன் பொருட்டு நாதம் கெட்டுவிடுகின்றது.

கேள்விகள்

51. ஸங்கீத வாத்தியங்களில் இன்றியமையாததாக இருக்கவேண்டிய பாகங்கள் யாவை? ஏதாவது ஒரு வாத்தியத்தை எடுத்துக்கொண்டு விளக்கிக் காட்டுக.

52. வாத்தியங்களை எவ்வளவு வகைகளாக பிரித்துக்கொள்ளலாம்? எதைக்கொண்டு இவ்வேறுபாடு செய்யப்படுகின்றது?

53. வீணையின் அமைப்பைப் படத்தில் வரைந்து அதன் ஒவ்வொரு பாகத்தின் உபயோகத்தைப்பற்றி விவரித்து எழுதுக.

54. தம்பூராவின் அமைப்பைப் படத்தில் வரைந்து அதன் ஒவ்வொரு பாகத்தின் உபயோகத்தைப்பற்றி விவரித்து எழுதுக.

55. தம்பூராவின் குதிரைக்கும், வீணையின் குதிரைக்கும் உள்ள வித்தியாசம் யாது ? அவைகளின் அமைப்பைப் படத்தில் காண்பிக்கவும்.

56. எங்–ஹெல்ம்ஹோல்ஷ் விதி என்றால் என்ன ? அந்த விதி தம்பூரிலும், வீணையிலும் அனுஷ்டிக்கப்படுகின்றதா ?

57. தம்பூராவின் நாதத்திற்கும், வீணையின் நாதத்திற்கும் உள்ள வித்தியாசத்திற்கு சி. வி. ராமன் கூறும் சமாதானம் யாது ?

58. பிடிலின் அமைப்பைப் படத்தில் வரைந்து அதன் ஒவ்வொரு பாகத்தின் உபயோகத்தைப்பற்றி எழுதுக. எவ்வாறு பிடிலிலிருந்து சப்தம் உண்டாகின்றது ?

59. புல்லாங்குழலின் அமைப்பைப் படத்தில் காட்டி அதிலிருக்கும் காற்று எவ்வாறு துடித்து சப்தத்தை உண்டு பண்ணுகின்றது என்பதற்குக் கொடுக்கப்படும் சமாதானங்களை விவரித்து எழுதுக.

60. ரீடு வாத்தியங்களில் எவ்வளவு வகையுண்டு ? ஹார்மோனியத்தில் இருக்கும் ரீடுகள் எவ்வாறு சப்தம் செய்கின்றன?

61. பெர்குஷன் வாத்தியங்களின் முக்கிய கருத்து என்ன? மிருதங்கத்தின் அமைப்பைப் படத்தில் காட்டி எவ்வாறு அதில் சப்தம் உண்டாகின்றது என்று எழுதவும்.

62. (Chladni's figures) சிலாட்னியின் கோலங்கள் என்றால் என்ன ? அவைகளைக் காண்பிவிக்க ஒரு பரிசோதனையை விவரிக்கவும்.

63. கீழ்க்கண்டவைகளைப்பற்றி சுருக்கமாக எழுதுக :—

(1) வுல்ப்நோட் (Wolf note), (2) முடிக் கோடுகள், (3) மணி, (4) ஜலதரங்க வாத்தியம்.

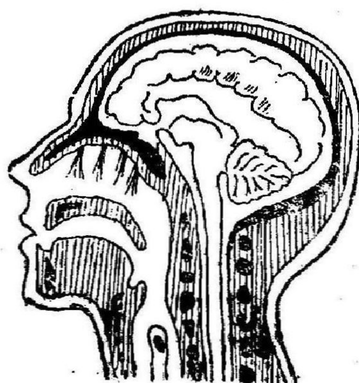
அத்தியாயம் 7

(Larynx and Ear)

பேசும் அவயவமும், காதும்

[லர்ரிங்ஸ்—ஸங்கீத வாத்தியங்களில் மனிதனது பேசும் அவயவம் மிகவும் சிரேஷ்டமானது—அகார உகார சப்தங்கள் செய்யும் விதம்—ஹெம்ஹோல்ஷின் சர்ச்சை—காதின் அமைப்பு —காதினுல் கேட்கக் கூடிய சுருதி எல்லேகள்.]

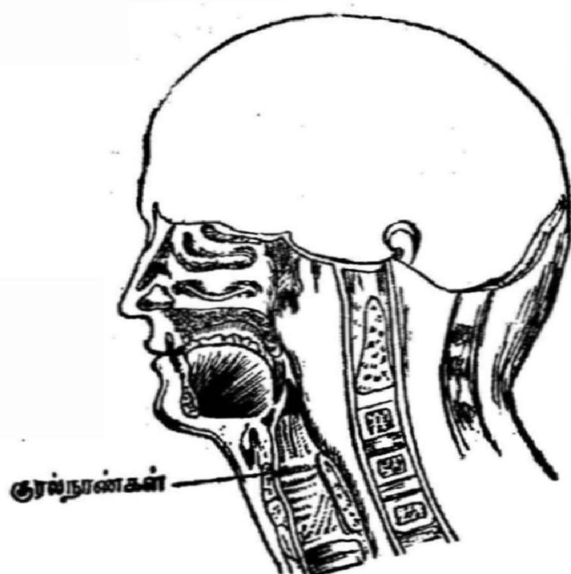
சங்கீத வாத்தியங்களில் மேன்மையானது மனிதனது பேசும் அவயவம். நாக்கினுல் தடவிப்பார்த்து மேல்வாயின் முன்பாகம் கடினமாயும், பின்பாகவும், மிருதுவாயும், தொண்டைவரை பரவி இருப்பதையும் கவனிக்கலாம். தவிர இப்பகுதி மூக்கையும் வாயையும் இணைக்கிறது. (படம் 50)



மூக்குப் பகுதி அமைப்பு
படம் 50

தொண்டையை பொதுவாக பாரிங்க்ஸ் (Pharynx) என்று கூறுவார்கள். இதன் அடிப்பக்கம் முன்புறத்தில் லா

ரிங்க்ஸ் (Larynx) என்று சொல்லப்படும் ஒலிப்பெட்டி முதற்கொண்டு பின்புறத்தில் உணவுக்குழல்வரை வியாபித்து இருக்கிறது. (படம் 51) நாம் உட்கொள்ளும் காற்

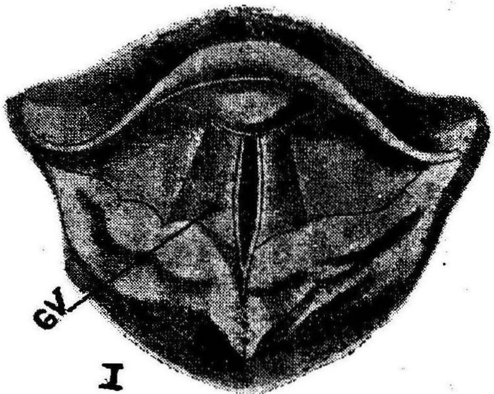


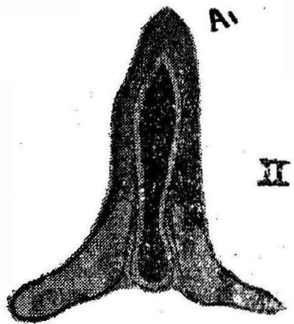
குரல்நாண்கள் இருக்குமிடத்தை விளக்கும் படம்
படம் 51

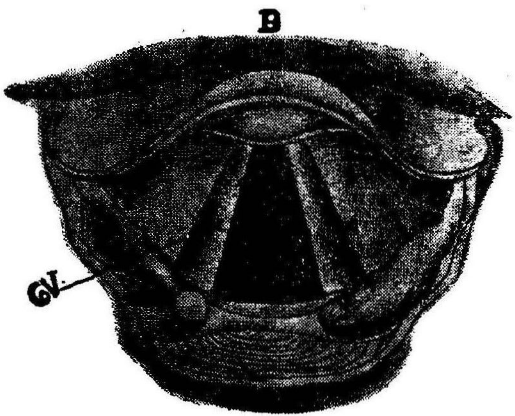
றை ஒலிப்பெட்டியின் மூலமாக சுவாசக்குழாய்க்கும், நாம் உட்கொள்ளும் ஆகாரத்தை உணவுக்குழல் மூலமாக இரைப்பைக்கும் அனுப்புமாறு தொண்டையின் தசைகள் அமைந்திருக்கின்றன. நாம் சுவாசம் விடும் காற்று ஒலிப் பெட்டியிலிருந்து வந்து தொண்டை, வாய், மூக்கு வழியாக வெளிப்படுகிறது. ஒலிப் பெட்டி அமைப்பில் ஒரு முக்கோணத்தை ஒத்திருக்கும். இம்முக்கோணத்தின் முனை (Adams' apple) சிலருக்கு கழுத்தில் நன்ருய் நீட்டிக்கொண்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். ஒலிப்பெட்டி நான்கு குருத்தெலும்புகளால் ஆக்கப்பட்டது. அதனுள் குரல் நாண்கள் (Vocal cords) என்ற இரண்டு பிசுவான சன்னத் தோல்கள் இருக்கின்றன. இவை பக்கவாட்டத்தில் தசை

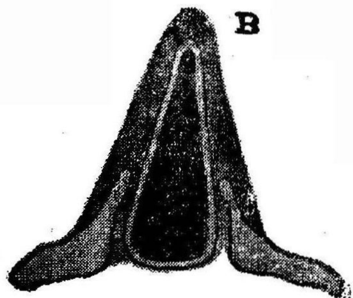
களினுல் இழுக்கப்பட்டுச் சுவாசக் குழாயின் துவாரத்தைக் கதவுகள் போல் மூடிக்கொண்டிருக்கின்றன. நாம் பேசாமல் காற்றை உட்கொள்ளும்போது அவை நன்ருக விலகுகின்றன. இத்தோற்றத்தை படத்தில் B என்ற இடத்தில் காணலாம். (படம் 52) ஆனுல் நாம் பேச முயற்சி செய்தவுடன் குரல் நாண்களின் தசைகள் நெகிழ்ந்து குரல் வளைவாய் சிறியதாய்விடுவதை படத்தில் A என்ற இடத்தில் காணலாம். அப்போது நுரை ஈரல்களிலிருந்து வெளிவரும் காற்று குரல் நாண்களை துடிக்கச்செய்கின்றன. இதனுல் ஒலி உண்டாகிறது. இவ்வொலி தொண்டை, வாய், மூக்கு முதலிய இடங்களில் உள்ள காற்றினுல் பலப்படுத்தப்பட்டு வெளிக்காற்றில் பரவுகிறது. நுரை ஈரல்களிலிருந்து வெளிவரும் காற்றின் வலிமையைத் தக்கவாறு மாற்றி ஒலியின் முழக்கத்தை மாற்றிக்கொள்ளலாம். அதிர்ச்சியின் அளவு குரல் நாண்களின் அசையும் நீளத்தையும் பிகுவையும் பொருத்து இருப்பதால், தசைகளின் உதவியால் நாண்களின் நீளத்தையும் பிகுவையும் மாற்றி வேண்டுமென்ற ஸ்வரங்களை பாட முடிகிறது. இந் நாண்கள் ஸ்திரீகளுக்கு இருப்பதைக் காட்டிலும் புருஷர்களுக்குச் சற்று நீண்டும் தடித்தும் இருப்பதால் புருஷர்கள் பாடும் ஆதார சுருதி ஸ்திரீகளது ஆதார சுருதியைவிடக் குறைவாக இருக்கிறது. மேலும் இளம் வயதில் குரல் நாண்கள் மெல்லியதாயிருப்பதனுல் சிறுவர்களின் ஆதார சுருதி பெரியவர்களின் ஆதார சுருதியைக் காட்டிலும் உயர்வாகவே இருக்கின்றது. குரல் நன்ருக அமைந்த ஒவ்வொருவரும் மூன்று ஸ்தாயிகளில் உள்ள எல்லா ஒலிகளையும் எழுப்பக்கூடும்.

ஒலிகளின் சுருதி குரல் நாண்களைப் பொருந்தியிருந்தபோதிலும், அவற்றின் பண்பு வாயினுடைய அமைப்பையும், மூக்கினுடைய அமைப்பையும் பொருந்தியிருக்கின்றது. தவிர குரல் நாண்களின் துடிப்பு இல்லாமலும் சப்தம் உண்டாகலாம், நாம் குசுகுசு என்று பேசும்பொழுது உதடுகளின் அசைவைக்கொண்டு ஒலியை உண்டு









படம் 52 குரல் நாண்களின் தோற்றங்கள்

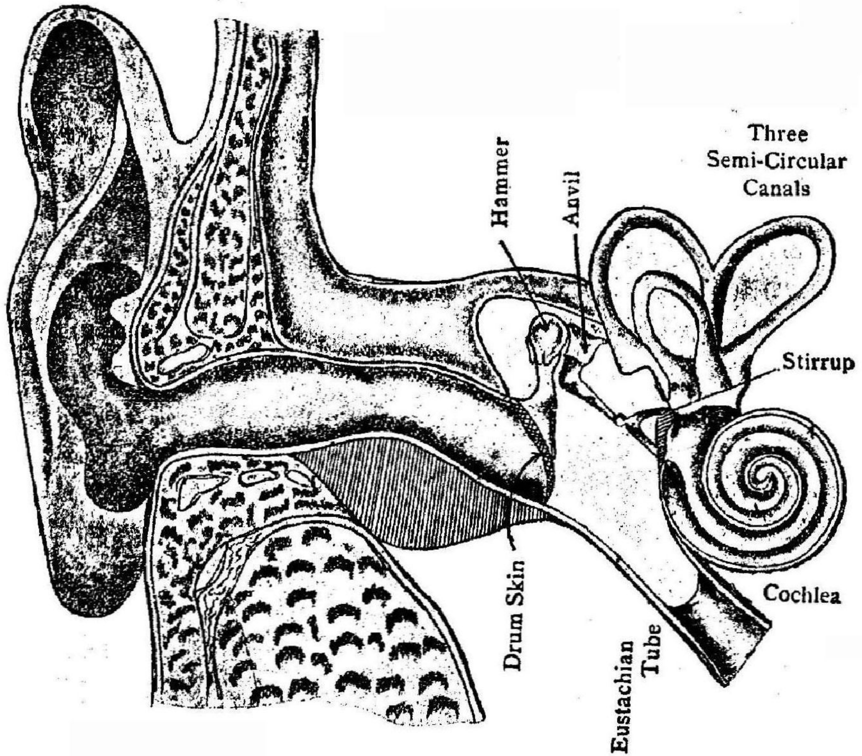
பண்ணுகின்றேம். ஒருவர் பாடும்போது குரல் நாண்களி லிருந்து கிளம்பிய ஒலியின் பரிவார சுருதிகள் சில, தொண் டை, வாய், மூக்கு முதலிய இடங்களில் உள்ள காற்றில் உடனியக்கத்தை உண்டாக்குகிறது. தொண்டை, வாய், மூக்கு இவ்விடங்களில் உள்ள காற்றின் அளவு, நாம் அவற்றை வைத்துக்கொள்ளும் விதத்தைப் பொருத்து இருப்பதினுல் உடனியக்கம் ஒவ்வொரு அமைப்புக்குத் தகுந்தவாறு மாறுகிறது. எல்லா வாத்தியங்களைக் காட் டிலும் மனிதனுடைய பேசும் அவயவம் உயர்ந்தது என்று கருதப்படுகின்றது. ஏனெனில் மற்ற வாத்தியங்களினுல் செய்யமுடியாத உயிரெழுத்து சப்தங்களை மனிதன் செய் வதினுல் மனிதனுடைய பேசும் அவயவம் சிரேஷ்டமானது. எவ்வாறு உயிரெழுத்து சப்தங்களை மனிதன் உச்சரிக்கின் ருன் என்றும், ஒரு உயிரெழுத்து சப்தத்திற்கும், மற்றெரு உயிரெழுத்து சப்தத்திற்கும் உள்ள வித்தியாசம் என்ன வென்றும், அவைகளின் பண்பு எவ்வாறென்றும் இம் மாதிரியான சர்ச்சைகள் ஹெம்ஹோல்ஷ் என்ற விஞ் ஞானியால் செய்யப்பட்டிருக்கின்றது. எல்லா விதமான ஒலிகளும் தனிப்பட்ட ஒலிகளல்லவென்றும், பரிவார சுருதி களுடன் கலந்து வருகின்றனவென்றும் முன்பு பார்த் தோம். அது போலவே உயிரெழுத்து சப்தங்களை நாம் சொல்லும்பொழுது, அந்த ஒலிகளிலும், பரிவார சுருதிகள் அடங்கியிருக்கின்றன. இப்பொழுது உ என்று ஒரு சுருதி யில் சொல்வதாக வைத்துக்கொள்ளுவோம். அந்த ஒலியில் (Fundamental) பண்டமெண்டல் என்று சொல்லப்படும் மூல சுருதியைத் தவிர இரண்டு மடங்கு துடிப்பு எண் ணுள்ள முதல் பரிவார சுருதியும் மூன்று மடங்கு துடிப்பு எண்ணுள்ள இரண்டாவது பரிவாரசுருதியும், இவ்வாறு பல பரிவாரசுருதிகளுடன் உ என்ற ஒலி வெளிவருகின் றது. அவ்வாறு ஏற்படும் ஒலியில் நம்முடைய வாயிலிருக் கும் காற்று எல்லா பரிவாரசுருதிகளுக்கும் பலம் கொடுப் பதல்லாமல், சில பரிவாரசுருதிகளுக்கு அதிகமான பலத் தைக் கொடுத்தனுப்புகின்றது. அதனுல்தான் உ என்று

சொல்லும்பொழுது ஒரு விதமாகவும் ஓ என்று சொல்லும் பொழுது மற்றொரு விதமாகவும், இம்மாதிரியாக வெவ் வேறு உயிரெழுத்துகள் சொல்லும் பொழுது அதற்குத் தகுந்தாற்போல், வாயையும் நாம் வைத்துக்கொள்ளு கிறோம். ஹெம்ஹோல்ஷ், அவ்வாறு விதவிதமாக வாயை நாம் வைத்துக்கொள்ளும்பொழுது, வாயிலிருக்கும் காற் றின் இயற்கை சுருதி என்னவென்பதை பல ஒலிக்கவடு களைக்கொண்டு ஒவ்வொன்றாகத் தட்டி, வாய்க்கு நேராக வைத்துக்கொள்வதனால் கண்டுபிடித்தார். சில உயிரெ ழுத்து சப்தங்களைச் சொல்லும்பொழுது. அப்பொழுது வாயிலிருக்கும் காற்று ஒரு பரிவார சுருதியை மட்டும் அதிக பலத்துடன் அனுப்புவதாகவும் கண்டுபிடித்திருக் கிறார். தவிர எந்த சுருதியில் உயிரெழுத்துக்களை உச்சரித்த போதிலும், வாயிலிருக்கும் காற்று அதிக பலப்படுத்தி அனுப்புகின்ற பரிவார சுருதியின் சுருதி மாறுகிறதில்லை என்றும் கண்டுபிடித்திருக்கிறார். ஆகையால் அதிக பலப் பட்டு வருகின்ற பரிவார சுருதியையோ, அல்லது பரிவார சுருதிகளைக்கொண்டு எந்த உயிரெழுத்து என்று சொல்லி விடலாம் என்று அபிப்பிராயப்படுகின்றார். அவர் கண்டு பிடித்த மேற்கூறிய விஷயங்களை மற்றொரு முறையில் சோதனை செய்து ஊர்ஜிதப்படுத்திக்கொண்டார். மூல சுருதிக்கு ஒரு ஒலிக்கவடும், அதன் துடிப்பு எண்ணைக் காட்டிலும் 2 மடங்கு, 3 மடங்கு, இம்மாதிரி 8 மடங்கு வரையில் அதிகமாகவுள்ள 8 ஒலிக்கவடுகளை எடுத்துக் கொண்டும் அவையவைகளிற்கு எதிரில், அததற்குத் தகுந் தாற்போல் உடனியங்கும் சாதனங்களை எடுத்துக் கொண்டும், எல்லா ஒலிக்கவடுகளையும் மின்சார சக்தியி னால் துடிக்கச் செய்து உயிரெழுத்து சப்தங்களை உச்சரிக் கும்படி செய்தார். இதிலிருந்து அவர் முதலில் கண்டு பிடித்த விஷயங்களை நிரூபித்தார்.

இனி குரல் பயிற்சிக்கு வேண்டிய முக்கிய விஷயங் களைப் பார்ப்போம். ஒலி நாண்களை அசைக்கும் காற்று

வெளியே வரும்பொழுது தொண்டை, வாய், மூக்கு முதலிய இடங்களில் தங்குதடையின்றி வரப் பழகுவதை ஒவ்வொரு பாடகரும் மேற்கொள்ளவேண்டும். நுரை ஈரல்களிலிருந்து வெளிவரும் காற்றை வேண்டுகிற அளவுக்குத் தசைகளின் உதவியால் அதிகப்படுத்தவோ குறைக்கவோ முடியும். எனவே குரலை திருத்துவதற்கு முன் சுவாசத்துக்குண்டான தசைகளைச் சிறந்த முறையில் உபயோகிக்கப் பழகவேண்டும். இதற்கு ஈரல்கள் கொள்ளும் அளவு காற்றை நிரப்பி அதை நிதானமாக வெளியனுப்பக் கற்றுக்கொள்ளவேண்டும். சுவாசப் பைகளைத் தாங்கி நிற்க உடலிலே உறுதியான தசை ஒன்று உண்டு. இதற்கு இடைப் பரப்பி (Diaphragm) என்று பெயர். இதை ஈரல்தாங்கி என்றும் கூறுவதுண்டு. நிதானமாக சுவாசத்தை வெளியனுப்ப இடைப் பரப்பியின் உதவியையும் விலா எலும்புகளை ஒன்றோடொன்று சேர்க்கும் தசைகளின் உதவியையும் பெறவேண்டும். சுவாசம் உட்கொள்ளும் நேரத்தைக் குறைத்து, வெளியிடும் நேரத்தை எவ்வளவு அதிகப்படுத்த முடியுமோ அதுவரையில் அதிகப்படுத்தப் பழகவேண்டும். மேலும் வாய், நாக்கு முதலியவற்றை நம்மிஷ்டப்படி அசைக்க அவற்றின் தசைகளைப் பழக்கவேண்டும். குரல்நாண்களைக் கட்டுப்படுத்துவதற்குண்டான தசைகளைக் காதின் உதவியைக்கொண்டுதான் பழக்கவேண்டும். ஏனெனில் இவற்றின் தசைகள் காது நரம்புகளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இதிலிருந்து கேள்வி ஞானத்தின் அவசியத்தை உணரலாம். பிறவிச் செவிடர்களைப் பேசும்படி செய்துவிடலாம். ஆனால் பாடும்படி செய்வது முடியாது. சிலர் பாடும்போது தொண்டையைவிட்டு ஒலி கிளம்புவதற்கு சிரமப்படுவது போல தோன்றுவதைக் கவனிக்கலாம். இவர்கள் பாடும்போது தொண்டையைக் குறுக்கிச் சிரமப்படுத்திக்கொள்வதால் தொண்டை, வாய், மூக்கு முதலிய இடங்களில் உள்ள காற்றில் சரியானபடி உடனியக்கம் உண்டாகாமல் போய்விடுவதே இதன் காரணமாகும்.

வாயை மூடிக்கொண்டு அகார சாதகம் செய்வதினால் இக்குறையை நிவர்த்தி செய்துகொள்ளலாம். மேலும் முக்கியமாகக் குரல்நாண்களை அசையச் செய்யும் தசைகள், வெளியிடும் சுவாசத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் தசைகள் இவை இரண்டும் ஒத்து இயங்கவேண்டும். இவ்வாறு இல்லாவிடில் ஏற்படும் கெடுதல்களைக் கவனிப்போம். வெளியிடும் சுவாசத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் தசைகள் முன்னதாக இயங்கத் தொடங்கினால், குரல் வளைவாய் பெரிதாக இருந்து, காற்று, குரல் நாண்களை நன்றாக அசைக்க முடியாமல் வெளியே வந்துவிடுகிறது. அதனால் சாரீரம் சன்னமாகவும், வன்மையற்றும் போய்விடுகிறது. மற்றும்



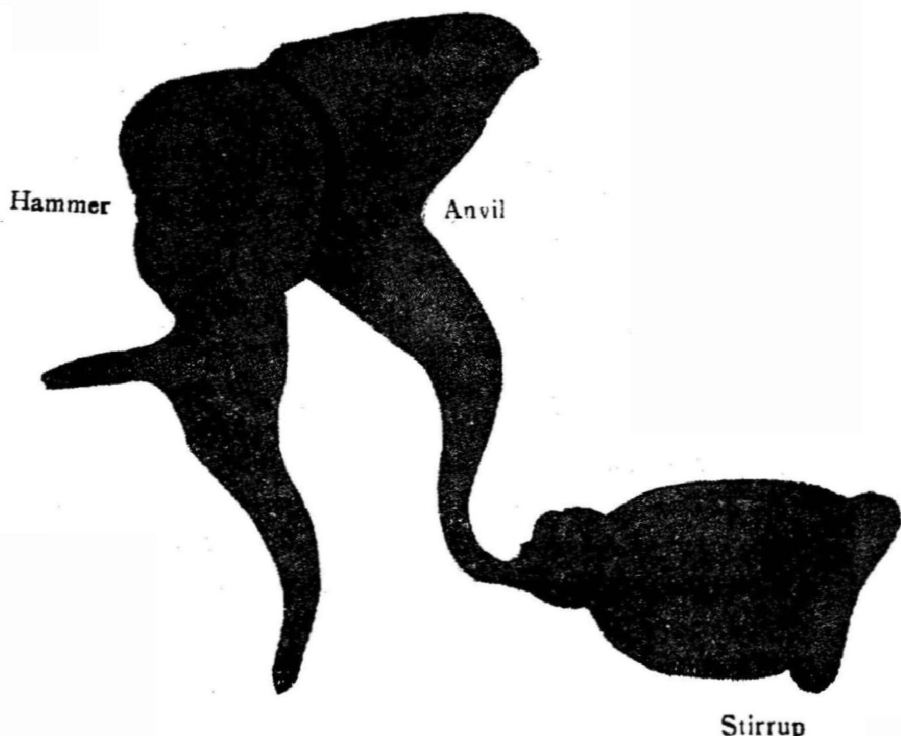
காதின் அமைப்பு

படம் 53

குரல் நாண்களின் தசைகள் முன்னதாக இயங்கத் தொடங்கினால் குரல்வளைவாய் முன்னதாகவே குறுகிவிடுகிறது. அதனால் வெளிவரும் காற்றுக்குத் தடை ஏற்படுகிறது. எனவே அதிக வலிமையுடன் காற்றை வெளியே அனுப்ப வேண்டியிருக்கிறது. இதன் விளைவாகத் தொண்டை சீக்கிரம் சோர்வு அடைந்துவிடுகிறது. பாடும்போது மார்பு, தலை, வாய், முதலிய இடங்களிலிருந்து ஒலி வெளிவருவது போல உணர்ச்சி ஏற்படுவதே நல்ல குரல் பயிற்சிக்கு அடையாளமாகும்.

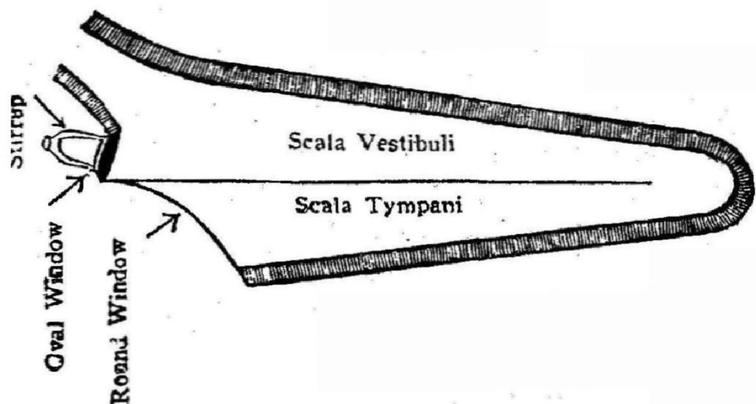
Ear (காது) :—செவிப்புலன் மனிதனது ஐம்புலன்களில் மிகவும் நுட்பமானது. (படம் 53) எல்லா ஜீவ ராசிகளுக்கும் இப்புலன் வாழ்வுக்கு இன்றியமையாததாக இருக்கின்றது. இதைப் புறச்செவி, நடுச்செவி, உட்செவி என்று மூன்று பாகங்களாகப் பிரிக்கலாம். முதல் பாகத்தில் செவிப்புனல் (Pinna) செவிக்குழல் (Auditory canal) சவ்வுத்தோல் (Drum skin) அடங்கியுள்ளன. செவிப்புனல் மனிதர்களுக்கும் மிருகங்களுக்குமே உள்ளது. பறவை இனங்களுக்குக் கிடையாது. இதனால் ஒலி வரும் திக்கை நோக்கிச் செவிப்புனல்களைத் திருப்பி, ஒலியைக் கேட்க மிருகங்களுக்கு முடிகிறது. ஆனால் மனிதர்கள் அவர்களின் செவிப் புனல்களை அவ்வாறு அசைக்கமுடியாது. செவிக்குழலின் பக்கங்களில் குரும்பை என்று சொல்லப்படும் ஒருவித மெழுகு இருக்கிறது. இதனால் எறும்பு முதலிய சிறு பூச்சிகள் சுலபமாக உட்செல்ல முடியாது. செவிக்குழலின் கடைசியில் சவ்வுத் தோல் அமைந்திருக்கிறது. நடுச் செவியில் ஆஸிகிள்ஸ் (Ossicles) என்ற மூன்று எலும்புகளாலாகியத் தொடர் ஒன்று இருக்கிறது. (படம் 54) இம்மூன்று எலும்புகளும் ஒன்றோடொன்று மிகவும் நுட்பமாக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இத் தொடரின் ஒரு முனை சவ்வுத் தோலுடனும் மற்றொரு முனை உட்காதுடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன, இம் மூன்று எலும்புகளுக்கும் தனி பெயர்களும் உண்டு. அவற்றின்

உருவத்துக்கு ஏற்றபடி சுத்தி (Hammer), பட்டடை, (Anvil) அங்கவடி, (Stirrup) என்று கூறப்படுகின்றன. உட் செவி சற்றுச் சிக்கலான அமைப்பு. இதன் முக்கிய



ஆஸிகிள்ஸ் என்னும் எலும்புத் தொடர்
படம் 54

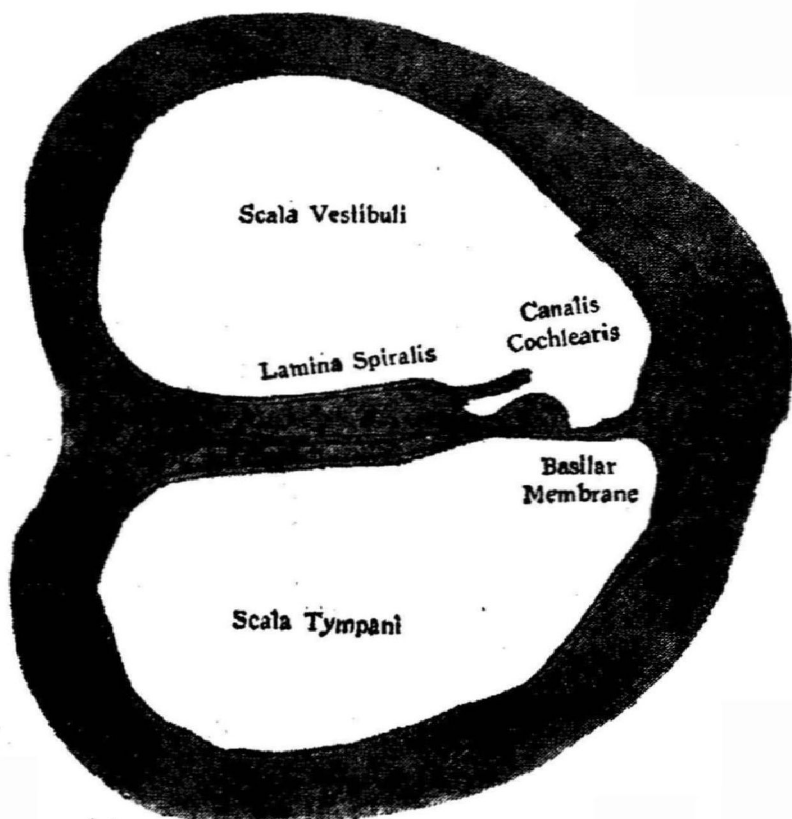
பாகம் நத்தை ஓட்டை ஒத்திருக்கும் சுருள்வளை (Cochlea) எனப்படும் பகுதி. இச்சுருளை நிமிர்த்து 55-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதன் நீளம் 3·1 சென்டி. மீட்டர் இருக்கும். இதன் உட்புறம் பேஸிலார் மெம்பிரேன் (Basilar membrane) எனப்படும் அடிச் சவ்வினால் இரண்டு அறைகளாக பிரிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதை கேள்வி நரம்புகள் (Auditory nerves) மூளையுடன் இணைக்கின்றன.



காக்லியாவின் அமைப்பை விளக்கும் படம்
படம் 55

கேள்வி நரம்புகளை (Cochlea) காக்லியாவின் குறுக்கமைப்பைக் காண்பிக்கும் படத்திலிருந்து (56-ம் படம்) காணலாம். பேஸிலார் அடி ஜவ்வுத்தோலில் ஆயிரக் கணக்கான சிறு நரம்புகள் (Fibres) இருக்கின்றன; அவைகள்தான் நாம் கேட்கும் சப்தத்திற்குக் காரணமாகவிருக்கின்றன. அவைகள் மெல்லிய கம்பிகளுக்கு ஒப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன. அவைகளில் உடனியக்கம் ஏற்படுவதினால் மூளைக்குக் கேள்வி நரம்புகள் மூலமாக சப்தத்தின் உணர்ச்சி செல்லுகின்றது என்று கருதப்படுகின்றது. அதாவது ஒரு சப்தம் வரும்பொழுது அதற்குண்டான அலைகள் சவ்வு தோலில் மோதி அதிர்ச்சி காக்லியாவில் பரவுகின்றது. அப்பொழுது அந்த அதிர்ச்சிக்குக் காரணமாயுள்ள துடிப்பு எண்ணிற்குத் தகுந்தாற்போல் அடிச் சவ்வில் உள்ள நரம்புகள் உடனியக்கம் செய்து அதனால் கேள்வி நரம்புகளின் மூலமாக மூளைக்கு சப்தத்தின் உணர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. கேட்கும் சப்தத்தின் சுருதிக்குத் தகுந்தாற்போல பேஸிலார் ஜவ்வு தோலின் உடனியங்கும் பகுதி அமைகிறது என்று தெரியவந்தது. இந்த

விஷயம் சீமைப் பெருச்சாளியின் காதில் பரீக்ஷை செய்து ஊர்ஜிதப் படுத்தப்பட்டது. சீமைப் பெருச்சாளியின் காதில் ஓயாமல் ஒரு சுருதியில் இரைச்சலான சப்தத்தை விழும்படிசெய்து கொஞ்சம் நேரம் கழித்து அதன் காதை அறுத்து அதன் அடிச் சவ்வைப் பரீக்ஷை செய்து பார்த்தபொழுது அதில் ஒரு பாகம் அறுந்து போயிருந்தது. அறுந்துபோன பாகம் வெளியே ஏற்படும் சப்தத்தின் சுருதிக்கு தக்கவாறு அமைந்திருப்பது கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. சுமார் 24,000 நரம்புகள் பேஸிலார்



பேஸிலார் அடி ஜவ்வுத் தோலை காண்பிக்கும் படம்
படம் 56

ஜவ்வுதோலிலிருப்பதாக கண்டுபிடிக்கப் பட்டிருக்கின்றது. அவைகளில் உடனியக்கம் ஏற்பட்டு நாம் சப்தத்தை அறி கிறோமாதலால் அதற்குத் தகுந்தவாறு நாம் கேட்கும் சப் தங்களின் சுருதிக்கு உயர்ந்த எல்லையும் தாழ்ந்த எல்லையும் இருக்கவேண்டுமென்று அறியலாம். சோதனை செய்து பார்த்ததிலிருந்து கீழே சுமார் 16-க்குக் குறைவாக துடிப்பு உண்டானால் சப்தம் கேட்காதென்றும் மேலே சுமார் 20,000-க்கு அதிகமாக துடிப்பு ஏற்பட்டால் சப்தம் கேட் காதென்றும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. உயர்ந்த சுருதிகளை கேட்கும் சக்தி வயதைப் பொறுத்திருக்கிறது. முதுமை வரவர உயர்ந்த சுருதிகளைக் கேட்கமுடிவதில்லை. சங்கீத சம்பந்தமாக 4,000-க்கு மேல் சுருதியுள்ள ஒலிகளை உபயோகப்படுத்தப்படவில்லை. நாம் சாதாரணமாக 11 ஸ்தாயி வரையில் சப்தம் கேட்கக்கூடுமென்று கருதப்படு கின்றது.

கேள்விகள்

64. மனிதனது பேசும் அவயவத்தைப்பற்றி எழுதுக.

65. ஸங்கீத வாத்தியங்களில் மனிதனது பேசும் அவயவம் மிகவும் சிரேஷ்டமானது என்று கூறப்படுகின்றது. அதற்குக் காரணம் என்ன?

66. உயிரெழுத்து சப்தங்களின் வித்தியாசம் எவ்வாறு ஏற்படுகின்றது?

67. காதைப்பற்றி எழுதுக.

68. கீழ்க்கண்டவைகளைப்பற்றி சுருக்கமாய் எழுதுக :—

(1) **(Ossicles)** ஆஸிகிள்ஸ் என்னும் எலும்புத் தொடர்.

(2) **(Basilar Membrane)** பேஸிலர் மெம்பரேன்.

(3) கேட்கக்கூடிய சப்தங்களின் சுருதி எல்லைகள்

அத்தியாயம் 8

(Analysis and Synthesis of Sounds)

சப்தங்களின் விபாகமும், அவைகளின் கலவைகளும்

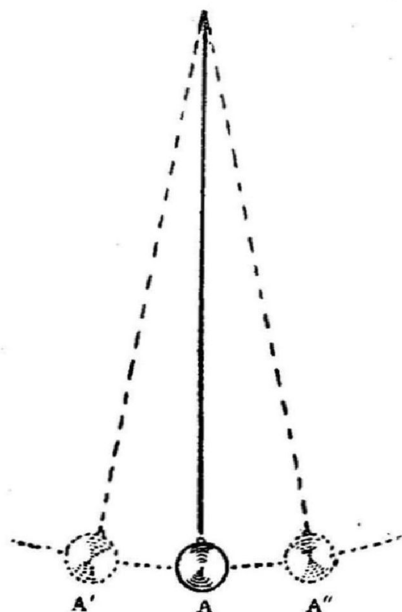
[இனிமையான சப்தங்களின் வேறுபாடுகள்—முழக்கம்—சுருதி—பண்பு—ஸிம்பிள் பெண்டுலத்தின் துடிப்பு—பிடில் கம்பியின் துடிப்பு—இவை இரண்டிற்கும் உள்ள வித்தியாசம்—தனித்த சப்தம்—கலப்பான சப்தம்—கலப்பான சப்தத்தை விபாகம் செய்யும் விதம்—ஹெம்ஹோல்ஷின் சர்ச்சை—பரிவார சுருதிகளின் சேர்க்கை—உயிரெழுத்து சப்தங்களை உண்டுபண்ணும் விதம்—தனித்த சப்தத்திற்கு உண்டான வளைந்த கோடு—கலப்பு சப்தத்திற்கு உண்டான வளைந்த கோடு—அதிலிருந்து பரிவார சுருதிகளை கண்டுபிடிக்கும் விதம்—சப்தங்களை பதிவு செய்யும் விதம்—மில்லரின் முறை—ஆஸிலோகிராப்பை உபயோகப்படுத்தி பதிவு செய்யும் விதம்.]

முதல் அத்தியாயத்தில் சப்தங்களில் இரண்டு விதங்கள் உண்டென்றும், அவைகள் இனிமையான சப்தங்களென்றும், இனிமையில்லாத சப்தங்களென்றும் கூறப்படுமென்றும் பார்த்தோம். இனிமையான சப்தங்களுக்குள் மூன்று விதமான மாறுபாடு ஏற்படலாம். உதாரணமாக மூன்று பிடில்களை எடுத்துக்கொண்டு முதலில் ஒரு பிடிலில் ஒரு ஸ்வரத்தை வாசித்து அதைக் கேட்போம், பிறகு இரண்டு பிடில்களையும், அதே ஸ்வரத்தை வாசிக்குமாறு செய்து அந்த சப்தத்தைக் கேட்போம். அதுபோல மூன்று பிடில்களையும் அதே ஸ்வரத்தை வாசிக்குமாறு செய்து அந்த சப்தத்தையும் கேட்போம். மூன்று சப்தங்களுக்குள்ள வித்யாசம் என்னவென்பதை கவனிக்கும் பொழுது, முதலில் கேட்ட சப்தத்தைக் காட்டிலும், இரண்டாவது கேட்ட சப்தம் முழக்கமாயிருக்கின்றதை

யும், அதைக் காட்டிலும் மூன்ருவது தடவை கேட்ட சப்தம் அதிக முழக்கமாயிருக்கின்றதையும் அறிகின்ருேம். ஆகையினுல் இனிமையான சப்தங்களுக்குள் முழக்கம் என்ற தன்மை மாறுவதினுல் அதைக்கொண்டு அவைகளை வேருக அறியலாம் என்று உணருகிருேம். இப்பொழுது மற்ருெரு வித்யாசத்தைப் பார்ப்போம். ஸோனுமிடரில் உள்ள கம்பியை மீட்டினுல் உண்டான சப்தத்தைக் கேட்டுக்கொண்டு ஒரு குதிரையின் உதவியால் நீளத்தை குறைத்து முன்போல ஒரே அளவு மீட்டி, அப்பொழுது வரும் சப்தத்தை கேட்டால் முதலில் கேட்கின்ற சப்தமும், இரண்டாவது தடவை கேட்கின்ற சப்தமும் முழக்கத்தில் ஒன்ருகவிருந்தாலும் சுருதியில் வேறுபடுவதை கவனிக்கலாம். ஆகையினுல் முழக்கம் என்னும் தன்மையில் இரண்டு சப்தங்கள் ஒன்ருக இருந்தபோதிலும் சுருதி என்னும் தன்மையைக் கொண்டு அவைகளின் வித்தியாசத்தை அறியலாம் என்று அறிகிருேம். ஒரே ஸ்வரத்தை ஏறக்குறைய ஒரே முழக்கத்துடன் பல வாத்தியங்களில் வாசித்தோமாஞல் அவைகள் ஒவ்வொன்றிற்கும் உள்ள வித்யாசத்தை அறியலாம். சுருதி, முழக்கம் என்ற தன்மைகளில் சப்தங்கள் ஒன்ருக இருந்தபோதிலும் பண்பு என்ற தன்மையில் வித்தியாசம் ஏற்படுவதினுல் ஒவ்வொன்றையும் வெவ்வேருக அறிகின்ருேம்.

இப்பொழுது இந்த மூன்று தன்மைகளும் ஒலி அலைகளில் எந்தெந்த அம்சங்களை ஒட்டியிருக்கின்றன என்பதை கவனிப்போம். முழக்கம் அலைகளின் துடிப்பு வீச்சை பொருத்திருக்கிறதென்றும், சுருதி அவைகளின் துடிப்பு எண்ணைப் பொருத்திருக்கிறதென்றும் சுலபமாக அறியலாம். மூன்ருவது தன்மையான பண்பு எதைப் பொருத்திருக்கின்றதென்பதைப்பற்றி விபரமாக இப்பொழுது பார்க்கவேண்டும். காற்றில் சப்தம் பரவும்பொழுது ஒவ்வொரு துகளும் துடித்து ஒலி பரவுவதாக முன்பு சொன்னேம். தவிர ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் ஏற்படும்

அசைவு திரும்பத்திரும்ப அம்மாதிரி ஏற்பட்டுக்கொண்டிருக்கவேண்டுமென்று பார்த்தோமே யொழிய, அந்த குறிப்பிட்ட நேரத்தில் எந்த விதமான (Form of Vibration) அசைவைச் செய்கின்றதென்ற விஷயத்தைப் பார்க்கவில்லை. அதையறிய கீழ்கண்ட உதாரணங்களைப் பார்ப்போம். ஸிம்பிள் பெண்டுலம் அசையும் விதத்தை முதலில் எடுத்துக்கொள்வோம். அதில் உருண்டை ஒரு புறமிருந்து மற்றொரு புறத்திற்கு நிதானமாகப் போய்க்கொண்டிருக்கின்றதைப் பார்க்கலாம். 57-ம் படத்தில் உருண்டை A' என்ற இடத்திலிருந்து புறப்பட்டு வரும்பொழுது அதைத் தொடர்ந்து கொண்டே பார்த்தால், ஆரம்பத்தில் வேகம் குறைவாக யிருப்பதையும், A என்ற இடத்திற்கு வரும் வரையில் நிதானமாக வேகம் அதிகமாகிக் கொண்டு வந்து, பிறகு A என்ற இடத்திலிருந்து A" என்ற இடத்திற்குப் போகும்பொழுது வேகம் நிதானமாகக் குறைந்து கொண்டே சென்று A" என்ற இடத்தை அடைந்ததும் வேகம் பூஜ்யமாகி, மறுபடியும் A" என்ற இடத்திலிருந்து திரும்பி A என்ற விடத்திற்கு வருவதற்குள் வேகம் நிதானமாக அதிகமாகிஅப்புறம் A என்ற இடத்திலிருந்து A' என்ற இடத்திற்குச் செல்லும் பொழுது நிதானமாகக் குறைந்துகொண்டு போய், A' என்ற



படம் 57

இடத்தை அடைந்ததும் பூஜ்யமாக ஆகின்றது. இதே மாதிரியாகத்தான் ஒலிக்கவடின் கட்டைகள் அசைகின்றன. இது ஒரு விதம். பிடில்கம்பிகள் துடிக்கும் விதத்தை இப்பொழுது பார்ப்போம். கம்பிகளின் மேல் படும்படி, ரோஸனம் தடவிய வில்லை வைத்துக்கொண்டு ஒரு புறமிருந்து, மற்றொரு புறத்திற்கு இழுத்தவுடன் சப்தம் உண்டாகின்றதைப் பார்க்கிறோம். அவ்வாறு வில்லை இழுக்கும்பொழுது வில்லுடன் கம்பிகள் சிறிது தூரம் செல்லுகின்றன. அவ்வாறு செல்லும்பொழுது வில் எந்த வேகத்துடன் செல்லுகின்றதோ அதே வேகத்துடன் கம்பிகளும் செல்லுகின்றன. சிறிது தூரம் சென்ற பின் திடீரென்று வில்லை விட்டு கக்கிக்கொண்டு, அதற்கு எதிராக முன்பு இருந்த வேகத்தைக் காட்டிலும் அதிக வேகத்துடன் கம்பிகள் செல்லுகின்றன. சிறிதுதூரம் சென்றதும், மறுபடியும் வில்லினுல் கவ்வப்பட்டு அத்துடன் செல்லுகின்றன. இவ்விடமும் முன் சொன்ன உதாரணத்தைப் போலக் கம்பிகள் துடிக்கின்றன என்றாலும், அதற்கும் இதற்கும் துடிக்கும் விதத்தில் வித்தியாசமிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். உருண்டையினுடைய வேகம் குறையும்பொழுதும், அதிகமாகும்பொழுதும், ஒரு நிதானமாகக் குறைதலும், கூடுதலும் ஏற்படுகின்றன. பிடில் கம்பியில் அவ்வாறு ஏற்படாமல் திடீரென்று வேகம் மாறுவதைக் கவனிக்கலாம். இம்மாதிரியாக ஒவ்வொரு துடிப்பிற்கும் அமைப்பு ஒவ்வொரு விதமாக அமைகின்றது. ஆகையினுல் சப்தம் செய்யும் கருவியிலிருந்து காற்றில் அலைகள் ஏற்படும்பொழுது காற்று துகள்களது துடிப்பின் அமைப்பு (Form of Vibration) எவ்வாறு இருக்கின்றதோ, அதற்குத் தகுந்தவாறு அலைகளின் அமைப்பும் இருக்கிறது. இனிமையான சப்தங்களின் மூன்ருவது தன்மையான பண்பு காற்றில் ஏற்படும் அலைகள் செல்லும்பொழுது காற்று துகள்களின் துடிப்பு அமைப்பைப் பொருத்திருக்கின்றது அல்லது அலைகளின் அமைப்பைப் பொருத்திருக்கின்றது என்று தெரியவந்தது. ஒரு ஒலிக்கவடை தட்டிய

வுடன் காற்றில் அலைகள் ஏற்பட்டு அவைகள் நம் காது களில் மோதுவதினால் சப்தத்தைக் கேட்கின்றோம். இந்த சப்தத்தை கவனித்துப் பிடிலிலிருந்து வரும் சப்தத்தை கவனித்தால் ஒலிக்கவடிவிருந்து கேட்கும் சப்தம் (Simple Tone) தனித்த சப்தமாகவும், பிடிலிலிருந்து கேட்கும் சப்தத்தில் பரிவார சுருதிகள் இருக்கின்றதையும் அறி கிறோம். அதாவது பிடிலின் சப்தம் தனித்த சப்தமாக வில்லாமல் கலப்பான சப்தமாக இருக்கின்றது. ஒலிக் கவடிவிருந்து வரும் சப்தம் தனித்த சப்தமாகவிருப்பதன் காரணம், அதன் துடிப்பு அமைப்பும், அதுபோலக் காற்று துகள்களின் துடிப்பு அமைப்பும் எளிமையாக இருப் பதனால் என்றும், பிடில் கம்பிகளின் துடிப்பும் அதனால் காற்றில் ஏற்படும் அலைகளில் காற்று துகள்களின் துடிப் பும் சிக்கலாக இருக்கின்றதினால் அதன் நாதம் கலப்பான சப்தமாக இருக்கிறது என்றும் கூறப்படுகின்றது. ஒவ் வொரு ஒலியிலும் மூல சுருதியுடன் பரவார சுருதிகள் கலந்து வருகின்றன. அவைகளின் துடிப்பு எண்கள் மூல சுருதி எண்ணைக்காட்டிலும், இரண்டு மடங்கு, மூன்று மடங்கு, இம்மாதிரியான வரிசைக் கிரமத்திலிருக்கும். ஹெம்ஹோல்ஷ் இனிமையான சப்தங்களின் மூன்றாவது தன்மையான பண்பு என்பது பரிவாரசுருதிகளின் எண் ணிக்கை வித்தியாசத்தினாலும், அவைகளுடைய பலத்தி னாலும் ஏற்படுகின்றது என்று கூறுகின்றார். ஒரு சப் தத்தை விபாகம் செய்யவேண்டுமென்றால் அந்த சப்தத்தில் தனித்த சப்தங்கள் அதாவது பரிவார சுருதிகள் எவ்வளவு இருக்கின்றன வென்றும், அவைகளின் பலம் இன்ன தென்றும் கண்டுபிடிக்கவேண்டும். உடனியக்கம் என்ற கருத்தின் உதவியைக் கொண்டு இது அறியப்பட்டது. ஒரு பாட்டிலிலோ, அல்லது குழாயிலோ இருக்கும் காற் றை அதற்குத் தகுந்த சுருதியுள்ள ஒரு தனித்த சப்தத் தினால் உடனியங்கச் செய்யலாம் என்பதை முன்பு பார்த் தோம். கலப்பான சப்தத்திலிருக்கும் தனித்த சப்தங் களைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு அதன் மூல சுருதிக்கு இரண்டு

மடங்கு, மூன்று மடங்கு, நான்கு மடங்கு சுருதியுள்ள ஹெம்ஹோல்ஷ் ரிஸொனேடர்களை எடுத்துக்கொண்டு அவைகளின் உதவியால் கலப்பான சப்தத்தில் எந்தெந்த பரிவார சுருதிகளிருக்கின்றனவென்று கண்டுபிடிக்கலாம். ஹெம்ஹோல்ஷ் என்பவர் இவ்விதமாக எல்லா வாத்தியங்களிலிருந்து வரும் சப்தத்தையும், மனிதனுடைய பேசும் அவயவத்திலிருந்து வரும் சப்தத்தையும், விபாகம் செய்து அவருடைய ஆராய்ச்சிகளின் முடிவை வெளியிட்டிருக்கின்றார். அவர் மனிதனது சாரீரத்தில் சுமார் 16 பரிவார சுருதிகள் வரையிலும் கண்டுபிடித்ததாகச் சொல்லுகின்றார். தவிர, ரிஸொனேடரின் உதவியில்லாமலே பரிவாரசுருதிகள் எவ்வளவு இருக்கின்றனவென்று காதுகளை நன்றாகப் பழக்குவதால் அறிந்துகொள்ளலாம் என்று சொல்லுகின்றார். ஹெம்ஹோல்ஷ் அவருடைய ரிஸொனேடர்களை வைத்துக்கொண்டு வாத்தியங்களிலிருந்து வரும் சப்தங்களை விபாகம் செய்யும் பொருட்டு செய்த ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து இனிமையான சப்தங்களை (1) தனிப்பட்ட சப்தங்கள் அதாவது கலப்பில்லாத இனிமையான சப்தங்களென்றும், (2) இசைப் பொருத்தமில்லாத பரிவார சுருதிகள் கூடியிருக்கின்ற கலப்பான சப்தங்களென்றும், (3) கம்பிகளிலிருந்துவரும் இனிமையான சப்தங்களென்றும், (4) குழாய்களிலிருந்து வரும் இனிமையான சப்தங்களென்றும், (5) ரீடுகளை சேர்த்துக் கொண்டு வாசிக்கப்படும் குழாய்களின் இனிமையான சப்தங்களென்றும், இம்மாதிரி ஐந்து வகைகளாகப் பிரித்துக்கொள்ளலாமென்று கூறுகிறார். பெட்டியிலிணைக்கப்பட்ட ஒலிக்கவடின் சப்தங்கள் தனித்த சப்தங்களுக்கு உதாரணமாகச் சொல்லலாமென்றும், அவை அவ்வாறு இருப்பதினால் தான் காதுகளுக்கு மிருதுவான உணர்ச்சியைத் தருகின்றதென்றும் அபிப்பிராயப்படுகின்றார். பரிவார சுருதிகளில்லாததினால் தான் பல சுருதிகளுக்கு ஏற்ற ஒலிக்கவடுகளைத் தட்டுவதினால் ஏற்படும் சப்தங்களின் பண்பு ஒன்றுபோலிருக்கின்றதென்று கூறுகின்றார். இரண்டா

வது வகுப்பாக எடுத்துக்கொள்ளப்பட்ட இசைப் பொருத்தமில்லாத பரிவாரசுருதிகள் அடங்கியிருக்கின்ற இனிமையான சப்தங்களுக்குத் தோல்களின் அசைவினல் ஏற்படும் சப்தங்களை உதாரணமாகக் கூறுகின்ருர். மணி களின் சப்தங்களிலும், இசைப் பொருத்தமில்லாத பரிவார சுருதிகள் அடங்கியிருக்கின்றன என்று கண்டுபிடித்திருக் கிருர். அந்தக் குறையை நிவர்த்திக்கும் பொருட்டுத்தான் மணிகளில் விளிம்புகள் தடிமனுக அமைக்கப்பட்டிருக் கின்றன என்றும் கருதுகிருர். கம்பிகளிலிருந்து உண் டாகும் இனிமையான சப்தங்களை சோதித்துப் பார்த் ததில் அவைகள் எல்லாவற்றிலும் இசைப் பொருத்த முள்ள பரிவார சுருதிகளைத் தவிர வேறு பரிவாரசுருதிகள் இல்லை என்று கண்டுபிடித்திருக்கின்ருர். பரிவாரசுருதி களின் பலம் கம்பிகளில் துடிப்பை உண்டு பண்ணும் விதத்தையும், அவற்றின் கனத்தையும், அவற்றின் நெகிழ்ச்சியையும் பொருத்திருக்கின்றதென்கிருர். வில்லி னல் மீட்டப்படும் கம்பி வாத்தியங்களிலிருந்து வரும் இனி மையான சப்தங்களில், கைவிரல் நகங்களினல் மீட்டப் படும் வாத்தியங்களிலிருந்து வரும் இனிவையான சப்தங் களைக் காட்டிலும் பரிவாரசுருதிகள் அதிகமாகவும், அதிக பலத்துடனுமிருக்கின்றன என்று சொல்லுகின்ருர். அத னல்தான் பிடில்போலுள்ள வாத்தியங்களிலிருந்து வரும் சப்தங்கள் வீணைபோலுள்ள வாத்தியங்களிலிருந்து வரும் சப்தங்களைக் காட்டிலும் விறுவிறுப்பு அதிகமாக இருக் கின்றது என்று அபிப்பிராயப்படுகின்ருர். வில்லினல் மீட்டப்படும் வாத்தியங்களின் சப்தங்களிலிருக்கும் பரிவார சுருதிகளில் முதல் ஆறு பரிவாரசுருதிகளை சுலபமாகவும், 10 பரிவார சுருதிகள் வரைக்கும் சிறிது சிரமத்துடனும் கேட்கலாம் என்று சொல்லுகின்ருர்.

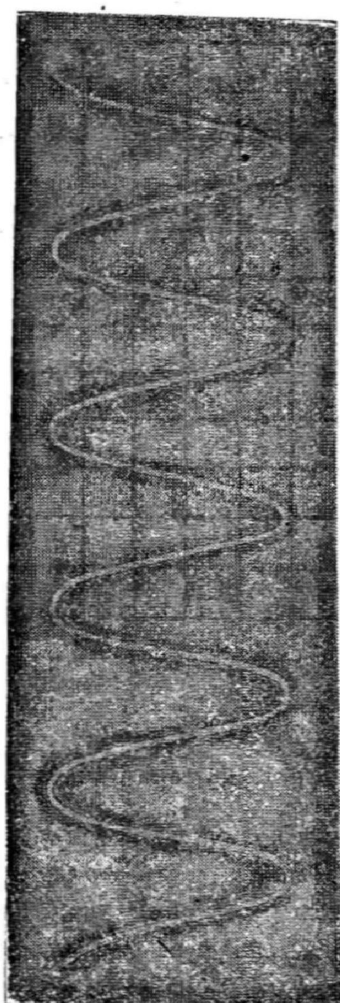
. குழாய்களில் இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாய்களென் றும், ஒரு பக்கம் திறந்த குழாய்களென்றும் எடுத்துக் கொண்டு அவைகளிலிருக்கும் காற்று துடிக்கும்போது எவ்

வாறு பல கண்டங்கள் உண்டாகின்றதென்றும், எப்படி இரண்டு பக்கம் திறந்த குழாய்களுக்குண்டான பரிவார சுருதிகளின் வரிசை மூல சுருதிக்கு 2 மடங்கு, 3 மடங்கு, 4 மடங்கு அதிகமான சுருதிகளுடன் இருக்குமென்றும், ஒரு பக்கம் திறந்த குழாய்களிற்கு உண்டான பரிவார சுருதிகளின் வரிசை மூல சுருதிக்கு 3 மடங்கு 5 மடங்கு இம்மாதிரி ஒத்தப்படை எண்களாகவிருக்குமென்றும் முன்பு பார்த்தோம். ஹெம்ஹோல்ஷ், இரண்டு பக்கங்களும் திறந்த குறுகிய குழாய்களிலிருக்கும் காற்றின் அசைவினுல் உண்டாகும் சப்தங்களில் ஆருவது பரிவார சுருதி வரையிலும் கண்டுபிடித்ததாகக் கூறுகின்ருர். புல்லாங்குழலின் சப்தத்தில் ஒரு பரிவாரசுருதி மட்டும் இருப்பதாக கண்டுபிடித்திருக்கின்ருர். ரீடுகளைச் சேர்த்துக்கொண்டு வாசிக்கப்படும் குழாய்களின் சப்தங்களில் அனேகம் பரிவார சுருதிகளிருக்கின்றதாகக் கூறுகின்ருர். இப்பொழுது ஹெம்ஹோல்ஷின் ஆராய்ச்சியின் முடிவுகளை மற்ருெரு விதத்தில் எப்படி சோதனைசெய்து பார்க்கலாம் என்று கவனிப்போம், பல தனித்த சப்தங்களை எடுத்துக்கொண்டு, அவைகளைச் சேர்ப்பதினுல், பலமாதிரியுள்ள இனிமையான சப்தங்களை உண்டுபண்ணலாம் என்று தெரியவந்தது. பெட்டியிலிணைக்கப்பட்ட இசைக்கவடின் சப்தம் தனித்த சப்தம் என்று பார்த்தோம். உதாரணமாக ஒரு கலப்பான சப்தத்தின் மூல சுருதிக்குத் தகுந்தவாறு ஒரு பெட்டியிலிணைக்கப்பட்ட ஒலிக்கவடும், அதற்கு இரண்டு மடங்கு, மூன்று மடங்கு, நான்கு மடங்கு இம்மாதிரி அதிக சுருதியுள்ள பல ஒலிக்கவடுகளையும் கலப்பு சப்தத்திற்கு ஏற்றபடி எடுத்துக்கொண்டு அவைகளைத் தட்டி ஏக காலத்தில் சப்தம் செய்யும்படி செய்தால் எடுத்துக்கொண்ட கலப்பு சப்தத்தை கேட்கின்ருேமாவென்று கவனித்தால் ஹெம்ஹோல்ஷின் அபிப்பிராயத்தைப் பரீக்ஷை செய்யலாம். உதாரணமாக புல்லாங்குழலின் சப்தத்தை இரண்டு பெட்டிகளிலிணைக்கப்பட்ட இசைக்கவடுகளைக்கொண்டு உண்டுபண்ணலாம். ஒன்றினுடைய

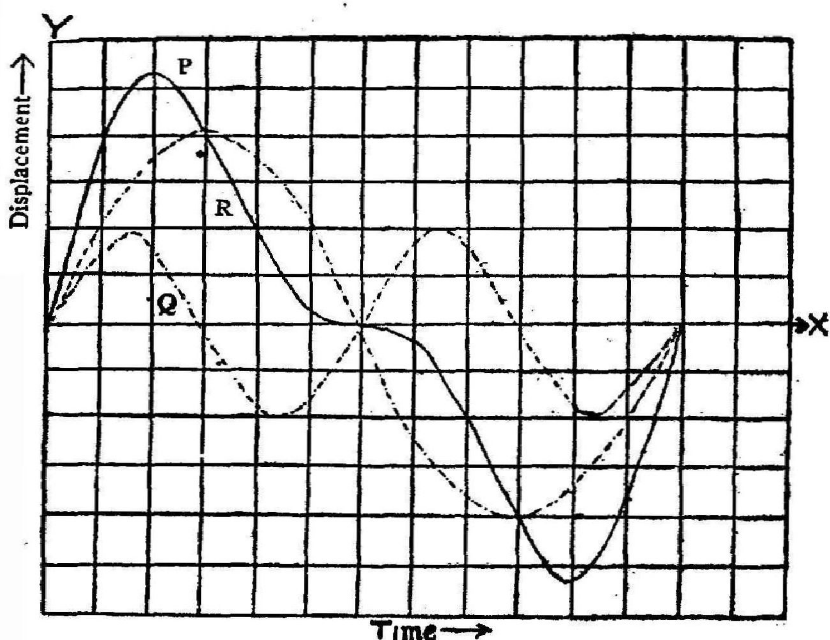
சுருதி மற்றொன்றைக் காட்டிலும், இரண்டு மடங்காக எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். இம்மாதிரியாக இசைக்கவடு களைக்கொண்டு தனித்த சப்தங்களைச் சேர்ப்பதினால், எல்லாவிதமான இனிமையான சப்தங்களையும் செயற்கையாக உண்டுபண்ணலாம் என்று தெரிந்தது. ஹெறம் ஹோல்ஷ் மனிதனுடைய குரல்நாண்கள் உயிரெழுத்து சப்தங்களை உச்சரிக்கும் தன்மை எதனால் பெற்று இருக்கின்றதென்று ஆராய்ச்சி செய்து பார்த்து, அவருடைய முடிவுகளை கூறியிருக்கின்றார். அவர் குரல் நாண்களினால் உண்டுபண்ணப்படும் கலப்பான சப்தத்திலிருக்கும் சில பரிவார சுருதிகளைமட்டும் வாயிலிருக்கும் காற்று பலப்படுத்தி அனுப்புகின்றதென்றும், அம்மாதிரி பலப்படுத்தப்படும் பரிவார சுருதிகள் ஒவ்வொரு உயிரெழுத்திற்கும் ஒவ்வொரு விதமாக இருக்கின்றதென்றும் கண்டுபிடித்திருக்கிறார். அந்த முடிவை ஊர்ஜிதப்படுத்த உயிரெழுத்து சப்தங்களை, பல இசைக்கவடுகளையும், அவைகளுக்குத்தகுந்தாற்போலுள்ள ரிஸொனேடர்களையும் எடுத்துக்கொண்டு செயற்கையாக உற்பத்திசெய்து நிரூபித்திருக்கின்றார்.

சப்தத்தை விபாகப்படுத்த கையாளப்படும் மற்றொரு முறையை இப்பொழுது பார்ப்போம். தனித்த சப்தத்திற்கு உண்டான துடிப்பு சுத்தமானதென்றும், ஸிம்பிள் பெண்டுலத்தின் அசைவு போலிருக்கும் என்றும் பார்த்தோம். ஒலிக்கவடின் துடிப்பு பெண்டுலத்தின் துடிப்பைப் போலிருக்கின்றது. ஒரு ஒலிக்கவடை எடுத்துக்கொண்டு அதன் ஒரு கட்டையில், ஒரு சிறிய கம்பியை மெழுகின் உதவியால் கட்டையின் நுனியிலிருந்து சிறிது வெளியில் நீட்டிக்கொண்டிருக்கும்படியாகச் செய்யவும். பிறகு ஒரு நீளக் கண்ணாடித் தகட்டை எடுத்து அதில் கரியை ஏற்றி அதை ஒலிக்கவடு துடிக்கும் திசைக்கு குறுக்காக ஒரே நிதானமான வேகத்துடன் செல்லும்படிசெய்து, ஒலிக்கவட்டின் ஒரு கட்டையிலிணைக்கப் பட்டிருக்கும் சிறு கம்பி, தகடு அதைத்தாண்டி செல்லும் கால முழுவதும்

தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்படி ஏற்பாடு செய்யவும். பின்பு ஒலிக்கவடை தட்டிவிட்டு, தகடை அதற்குகீழே விழச் செய்து சோதனை நடத்தவும். தகட்டில் ஒரு வளைவான கோடு படத்தில் காணப்படுவது போல தோன்றுவதைக் கவனிக்கலாம். எளிய துடிப்புகள் எல்லாவற்றிற்கும் இதேமாதிரியாக சுவடு இருப்பது தெரியவந்தது. எனவே தனித்த சப்தங்களை உண்டுபண்ணும் துடிப்புகளை அவைகளின் சுவட்டைக் கொண்டு அறியலாம். கலப்பான சப்தத்திற்கு உண்டான துடிப்பின் சுவடு மற்ெருரு விதமாகவிருக்கும். உதாரணமாக ஒரு தனித்த சப்தமும் அதன்மேல் ஷட்ஜமும் சேர்ந்து வருகின்ற கலப்பான சப்தத்தின் துடிப்புக்குண்டான சுவடு 59-ம் படத்தில் காணப்படும் P என்ற தடித்தக் கோட்டைப் போலிருக்கும். அதிலடங்கியிருக்கும் இரண்டு தனித்த சப்தங்களின் துடிப்புக்குண்டான சுவடுகளும் அதே படத்தில் R என்றும், Q என்றும் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். அவைகள் இரண்டையும் சேர்ப்பதனுல் உண்டாகும் கோடு



படம் 58 ஒலிக் கவடின் சுவடு.



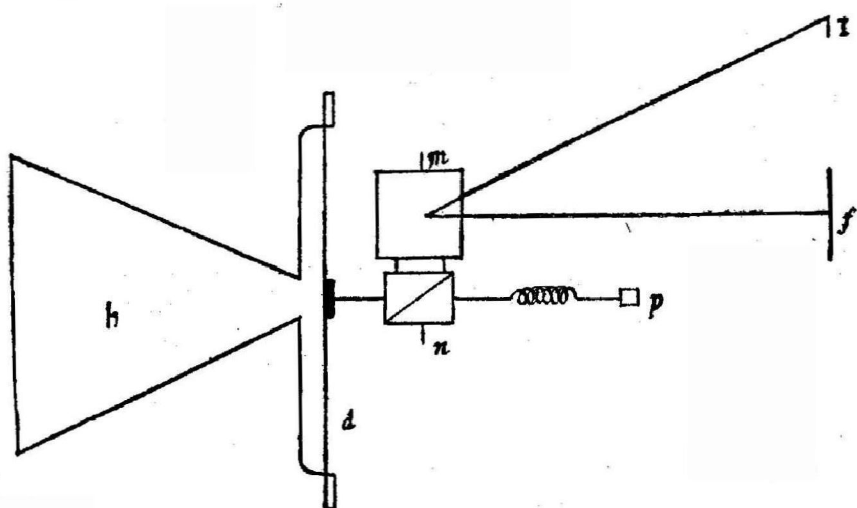
படம் 59

R. கீழ் ஷட்ஜ சுவடு. Q. மேல் ஷட்ஜ சுவடு.
P. இரண்டையும் சேர்ப்பதினால் கிடைத்தசுவடு.

தான் கலப்பான சப்தத்தின் துடிப்புக்குண்டான சுவடு. இம்மாதிரியாக ஒவ்வொரு கலப்பான சப்தத்திற்கு உண்டான துடிப்பின் சுவடு ஒவ்வொரு விதமாகவிருக்கு மென்று தெரிகிறது. அச் சுவட்டிலிருந்து அதில் எவ்வளவு தனித்த சப்தத்தின் சுவடுகள் அடங்கியிருக்கின்றன என்று ஒரு கணக்கினால் அறியலாம். அதிலிருந்து எவ்வளவு தனித்த சப்தங்கள் அதாவது பரிவாரசுருதிகள் அடங்கியிருக்கின்றன என்று கண்டுபிடிக்கலாம். ஆகையினால் ஒவ்வொரு சப்தத்தையும் விபாகப்படுத்த வேண்டுமென்றால் அதற்கு உண்டான சுவட்டை அடைந்து சுவட்டின் பல பாகங்களை அளந்து ஒருவிதக் கணக்கினால் அந்த சப்தத்தில் எவ்வளவு பரிவாரசுருதிகளிருக்கின்றன

வென்றும் அவைகளின் பலம் எம்மட்டும் என்றும் கண்டு பிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஆகையினுல் இம்மாதிரி சப் தங்களை விபாகம் செய்யும் வழிக்கு முதலில் ஒலிகளை பதிவு செய்யவேண்டியது அவசியமாகிறது.

(Miller) மில்லர் என்பவருடைய முறையை இப்பொ ழுது கவனிப்போம். அவர் கருவிக்கு (Phonodeik) போ னேடிக் என்று பெயர். அதன் அமைப்பை இவ்விடம்



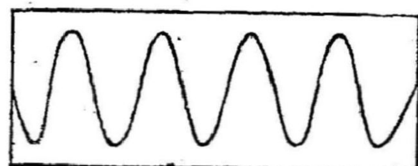
மில்லரின் போனேடிக் என்னும் கருவி.
படம் 60

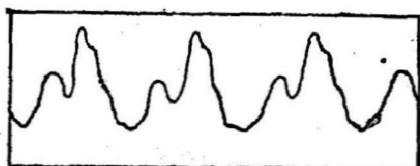
h. புனல். d. டயாபரம் என்னும் தகடு.
n. எஃகு துண்டு. p. பிடிப்பு.
m. ஆடித் துண்டு.
I. விளக்கிலிருந்து வரும் கிரணங்களின் பாதை.
f. போட்டோ தட்டுவைக்குமிடம்.

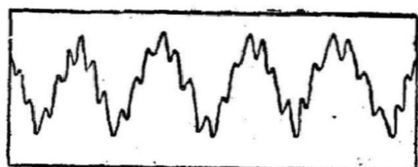
60-ம் படத்திலிருந்து அறியலாம். h என்று குறிப்பிடப் பட்டிருக்கும் பாகத்திற்கு புனல் என்று பெயர். அது

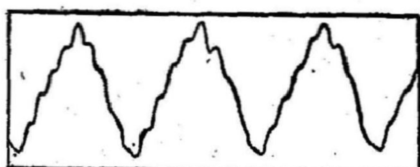
வாய் அகன்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம். d என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் பாகம் ஒரு மெல்லிய தகடு. அதற்கு (Diaphragm) டயாபரம் என்று பெயர். அதன் மத்தியில் ஒரு மெல்லிய கம்பியின் ஒரு நுனி சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றது. அதன் மற்றொரு நுனியை n என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் ஒரு சிறிய உருட்சியான எஃகு துண்டின் வயிற்றில் சுற்றி ஒரு ஸ்பிரிங்கின் உதவியால் p என்ற பிடிப்பில் கட்டப்பட்டிருக்கின்றதைப் படத்தில் கவனிக்கலாம். தவிர எஃகு துண்டின் மேல்புறத்தில் அத்துடன் m என்ற ஒரு சிறிய ஆடித்துண்டு சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றது. புனலுக்கு எதிரில் சப்தம் உண்டாகும்போது அலைகள் ஏற்பட்டு புனலின் கடைசியிலிருக்கும் டயாபரத்தை அசைக்கச் செய்யும். இதன் அசைவினால் இத்துடன் சேர்க்கப்பட்டிருக்கிற கம்பி முன்னும் பின்னுமாக இழுக்கப்படும். அவ்வாறு கம்பி இழுக்கப்படும்பொழுது எஃகு துண்டையும், அத்துடன் சேர்க்கப்பட்டிருக்கிற ஆடித்துண்டையும் முன்னும் பின்னுமாக உருட்டும். I என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இடத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு மின்சார விளக்கிலிருந்து வரும் கிரணங்களை m என்ற ஆடியில் விழச்செய்து அங்கிருந்து பிரதிபலிக்கப்பட்டு f என்று குறிப்பிட்டிருக்கும் இடத்திலிருக்கும் போடோ காகிதத்தில் விழும்படி செய்யப்படும். மேலும் f என்ற இடத்திலிருக்கும் போடோ காகிதம் மேலே இருந்து கீழே சுருண்டுவரும்படி செய்யப்பட்டிருக்கும். புனலின் எதிரில் சப்தம் உண்டாகி டயாபரத்தில் விழும்பொழுது ஆடித்துண்டு சுழலுவதை முன்பு பார்த்தோம், அவ்வாறு ஏற்படும்போது அதில் எதிர்க்கப்பட்டு போடோ காகிதத்தில் விழும் கிரணங்களின் திசையும், அது போலவே சற்று இப்புறம் அப்புறமாக மாறும். இதனால் படத்தில் சப்தத்திற்கு உண்டான சுவட்டைப் பெறலாம். மில்லர் பல வாத்தியங்களின் சப்தங்களை இவ்வாறு பதிவு செய்தார். அப்படங்களில் சிலவற்றை 61-ம் படத்தில் காணலாம். அந்தச் சுவடுகளின் பல

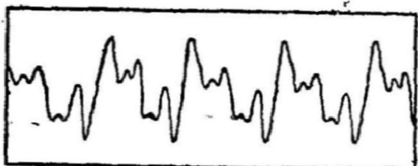
பாகங்களை அளந்து முன்பு சொன்ன கணக்கின் உதவி யைக்கொண்டு அந்தந்த சப்தத்தில் எவ்வளவு பரிவார சுருதிகளிருக்கின்றன என்று கண்டுபிடித்தார். தற்காலம் மின்சார சக்தியின் உதவியைக்கொண்டு புதுமுறையில் சப்தங்களை பதிவுசெய்து அவைகளை விபாகம் செய்யப் பட்டுவருகின்றன. இதில் ஒலி மின்சாரமாக மாற்றப்படு

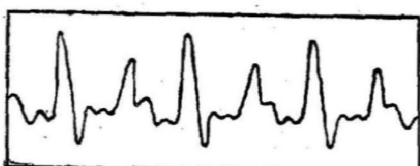

1


4


2


5


3


6

படம் 61

1. ஒலிக் கவடின் சுவடு.
2. மணியோசையின் சுவடு.
3. கிளாரினெட் ஒலியின் சுவடு.
4. ஆர்கன் பைப் ஒலியின் சுவடு.
5. பிடில் ஒலியின் சுவடு.
6. உயிரெழுத்து ஒலியின் சுவடு.

கிறது. ஆஸிலோகிராப் (Oscillograph) என்று சொல்லப் படும் கருவியின் உதவியால் பதிவு செய்யப்படுகின்றது. அந்த பதிவுகளிலிருந்து சப்தங்களிலிருக்கும் பரிவார சுருதிகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு வருகின்றன.

கேள்விகள்

69. இனிமையான சப்தங்களைக் குறிப்பிடும்போது அவைகளின் முழக்கம், சுருதி, பண்பு என்று சொல்லப்படுவதின் கருத்து என்ன?

70. ஸிம்பிள் பெண்டுலத்தினுடையவும், பிடில் கம்பியினுடையவும் துடிப்பின் அமைப்பில் உள்ள வித்தியாசத்தைக் கூறவும்.

71. தனித்த சப்தம் என்றால் என்ன? கலப்பான சப்தம் என்றால் என்ன? இரண்டிற்கும் உதாரணங்கள் கூறுக.

72. பண்பு என்னும் தன்மை எதைப் பொருத்திருக்கின்றது என்பதற்கு ஹெம்ஹோல்ஷ் கொடுக்கும் சமாதானத்தை விவரித்து எழுதுக.

73. இனிமையான சப்தத்தை விபாகம் செய்வதென்றால் என்ன? ஹெம்ஹோல்ஷ் சப்தங்களை விபாகம் செய்யும் பொருட்டு அனுஷ்டித்த முறையை விவரித்து எழுதுக.

74. ஹெம்ஹோல்ஷின் ஆராய்ச்சியின் முடிவுகளை சுருக்கமாய்க் கூறுக.

75. தனித்த சப்தங்களை சேர்ப்பதினால் பல மாதிரி பண்பு உள்ள சப்தங்களை எவ்வாறு உண்டுபண்ணலாம் என்பதை விவரித்து எழுது.

76. ஹெம்ஹோல்ஷ் மனிதனது பேசும் அவயவத்திலிருந்து எவ்வாறு உயிரெழுத்து சப்தங்கள் ஏற்படுகின்றன என்பதற்குக் கூறும் காரணங்களையும், அவற்றை எவ்வாறு பரீக்ஷை செய்து பார்த்தார் என்பதையும் எழுதுக.

77. இசைக்கவடின் துடிப்புக்கு உண்டான சுவட்டை எவ்வாறு ஒரு கண்ணாடியில் பெறமுடியும் என்பதை எழுதவும்.

78. சப்தங்களை பதிவு செய்து அதிலிருந்து அவைகளிலடங்கியிருக்கும் பரிவாரசுருதிகளை நிர்ணயிக்கும் வழியை விவரித்து எழுதுக.

79. மில்லர் சப்தங்களை பதிவு செய்யும்பொருட்டு அனுஷ்டித்த முறையை எழுதுக.

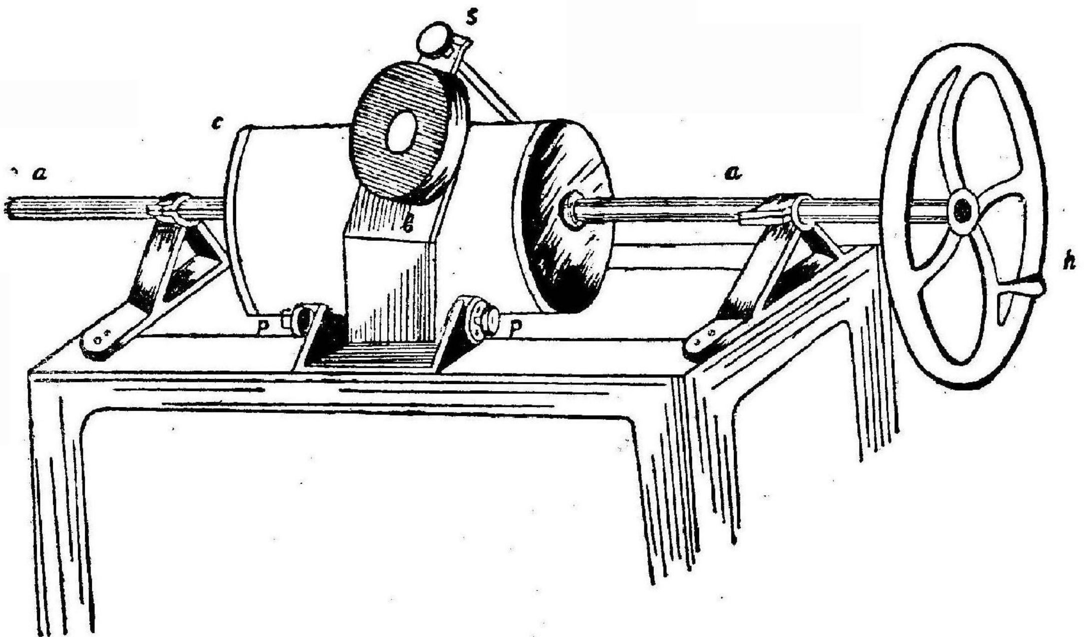
அத்தியாயம் 9

(Phonograph, Gramophone, Talkie, Radio)

போனேகிராப், கிராமபோன், சினிமா பேசும் படம், ரேடியோ

[எடிஸனின் போனேகிராப்—பெர்லினரின் கிராமபோன்—புது முறையில் ஒலிப்பதிவுசெய்யும் விதம்—கிராமபோனின் ஸவுண்டு பாக்ஸின் அமைப்பு—கிராமபோனின் புனலின் அமைப்பு—ஒலி பெருக்கி—சினிமா பேசும் படங்கள்—ரேடியோ.]

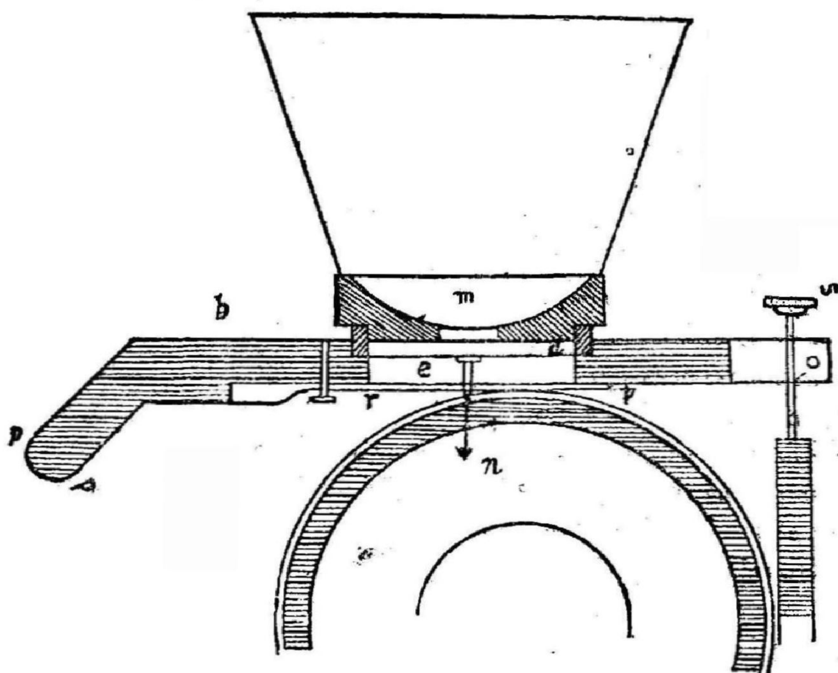
முன் அத்தியாயத்தில் சப்தங்களை பதிவு செய்யும் சில முறைகளைப் பார்த்தோம். அவ்வாறு எடுக்கப்பட்ட பதிவுகளிலிருந்து திரும்ப சப்தங்களை அடைய முடியாது, இந்த அத்தியாயத்தில் எப்படி சப்தங்களை பதிவுசெய்து, அவைகளைக் கொண்டு எப்பொழுது வேண்டுமென்றாலும், மறுபடியும் அதே சப்தங்களை அடைய செய்த சோதனைகள் சிலவற்றைப் பார்ப்போம். முதல் முதலாக பதிவு செய்யும் யந்திரத்தை சிருஷ்டித்தவரின் பெயர் எடிஸன் (Edison). அவருடைய கருவிக்கு போனேகிராப் என்று பெயர். அதன் முக்கியமான அம்சங்களை 62-ம்படத்திலிருந்து தெரிந்துகொள்ளலாம். aa என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் இருசில் cc என்ற உருளை சேர்க்கப்பட்டிருப்பதைக்கவனிக்கலாம். h என்ற கைபிடியுள்ள சக்கரத்தைச்சுற்றுவதால் உருளை இருசின் மேலிருக்கும் மரையில் ஒருபக்கமிருந்து மற்ருெரு பக்கத்திற்குச் செல்லும்படி செய்யலாம். 63-ம் படத்தில் காணப்படும் புனலும் அதன் அடியிலிருக்கும் மெல்லிய விதானமும், b என்ற துண்டுடன் சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றதை கவனிக்கலாம், d என்ற விதானத்தின் நடுமத்தியில் e என்ற ஒரு சிறிய தகட்டை ஒட்டியிருக்கின்றதைக் கவனிக்கவும். அந்தத் தகட்டுடன் t என்ற ஒரு ஊசி சேர்க்கப்பட்டு r என்ற ஸ்பிரிங்குடன்



எடிஸனின் போனே கிராப்பை விளக்கும் படம்.

படம் 62

aa. இருசு. cc. உருளை. h. சக்கரம். b. புனல் பொருத்துமிடம். s. திருகு.



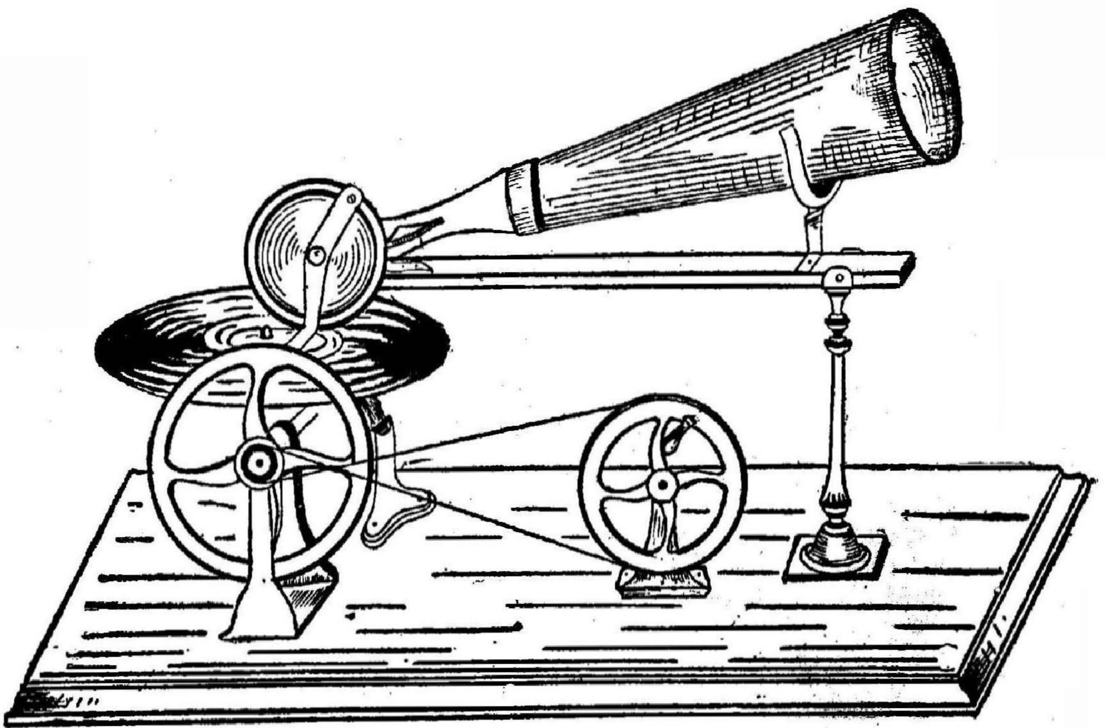
புனல் உருளையின்மீது இருக்கும் நிலையை விளக்கும் படம்

படம் 63

f. புனல்.
b. புனல் பொருத்தப்படுமிடம்.
d. விதானம்.
e. விதானத்தின் நடுவில் உள்ள சிறு தகடு.
n. ஊசிமுனை.
r. ஸ்பிரிங்.
s. திருகு.

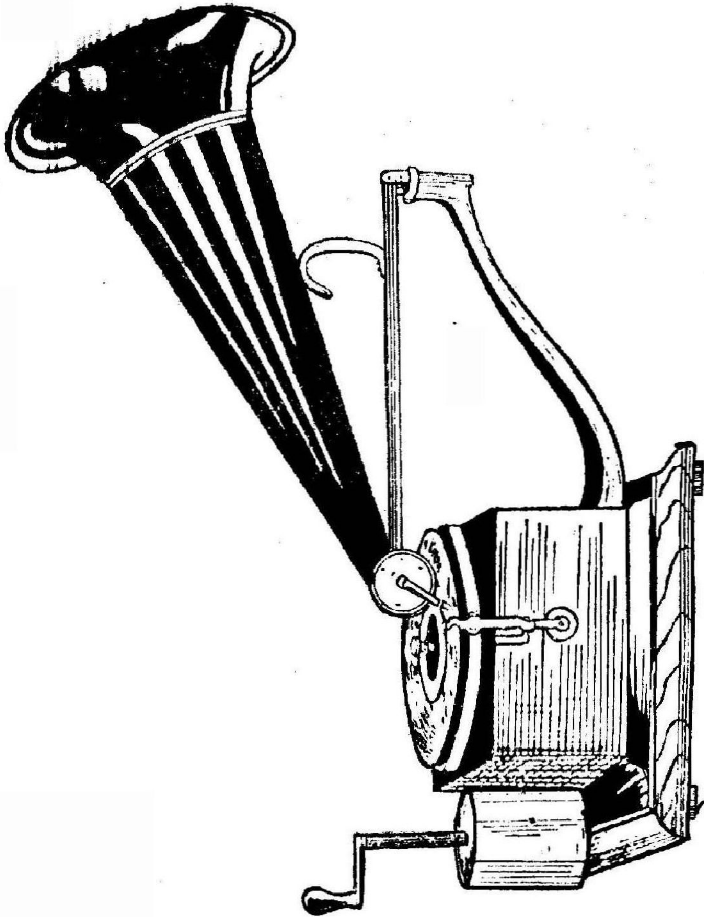
உராய்ந்துகொண்டிருக்கின்றதை கவனிக்கலாம். அதன் அடியில் n என்றவிடத்தில் ஒரு கூரிய முனை இருப்பதையும் காணலாம், உருளையைச்சுற்றித் தகரத்தகடு இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. முதலில் s என்ற திருகின் உதவியைக் கொண்டு கூரிய முனையை தகரத் தகட்டைச் சரியாகத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்படி செய்யப்படும். பிறகு புனலுக்கு எதிரில் சப்தம் செய்து ஒரே நிதானமாகக் கைப்

பிடியைக் கொண்டு சக்கரம் சுற்றப்படும். சப்தம் விதானத்தில் மோதுவதினுல் அது துடிக்கும். அதனுல் கூரிய முனை தகரத்தை வெட்டும். உருளை ஒரு புறத்திலிருந்து மற்ருெரு புறம் போவதற்குள் தகரத்தில் அனேக வெட்டுகள் ஏற்பட்டு, அதனுல் சப்தங்கள் பதிவு செய்யப்படும். பதிவு செய்தபின் s என்ற திருகைத் தளர்த்திக்கொண்டு, கைப்பிடியைக் கொண்டு மறுபடியும் சக்கரத்தைப் பின்னுல் சுற்றி புனலை முதலிலிருந்த இடத்திற்குக் கொண்டு வந்து வைக்கப்படும். மறுபடியும் s என்கிற திருகின் உதவியால் கூரிய முனைத் தகரத்தைத் தொடும்படிச்செய்து முன்போல சக்கரத்தை ஒரே நிதானமாகச் சுற்றி உருளை முன் செல்லும்படி செய்தால் பதிவு செய்த சப்தங்களை மறுபடியும் கேட்கலாம். தகரத்தகட்டின் மேல் கூரிய முனை முறுக்குள்ள கோட்டைக் கிழிக்கும். அந்தக் கோட்டின் ஒவ்வொரு இடத்திலும் வெட்டின் ஆழம் வெவ்வேருகவிருக்கும். மறுபடியும் கூரிய முனை அதே கோட்டில் திரும்பச் செல்லுமாறு வைக்கப்படும் பொழுது ஒவ்வொரு இடத்திலிருக்கும் பள்ளத்திற்குத் தகுந்தாற்போல் குதிக்கும். அவ்வாறு குதிப்பதால் விதானமும் முன்மாதிரியாக துடித்து காற்றில் அலைகள் உண்டாவதினுல் அதே சப்தத்தை நாம் கேட்கிறேம். இதிலிருக்கும் சில குறைகளை நிவர்த்திக்க (Bell) பெல் என்பவர் சில மாறுதல்களைச் செய்தார். தகரத் தகட்டை உபயோகப்படுத்துவதற்குப் பதிலாக மெழுக்கை உபயோகப்படுத்தினுர். தவிர பதிவு செய்வதற்கு ஒரு கருவியையும், திரும்ப பதிவிலிருந்து சப்தத்தைக் கொண்டுவர மற்ருெரு கருவியையும் உபயோகப்படுத்தினுர். இதே முறையில் ஆராய்ச்சி செய்து 1894-ம் வருஷத்தில் (Berliner) பெர்லினர் என்பவர் ஒரு கருவியை உண்டு பண்ணினுர். இதற்கு கிராமபோன் என்று பெயர். அதன் அமைப்பை 64-ம் படத்தில் காணலாம். எடிஸன் கருவியில் உபயோகித்த உருளைக்குப் பதிலாக இங்கு மெழுக்குவட்டில் ஒன்றின் மீது ஒலி பதிவு செய்யப்படுகின்றது. தவிர எடிஸன் முறையில் பதிவு



படம் 64 பெர்லினர் கிராமபோன் கருவி

செய்த சுவட்டின்மீது கூரிய முனை செல்லும் பொழுது, மேலும் கீழுமாக ஏகிறுவதால் மேலும் கீழுமாக அது

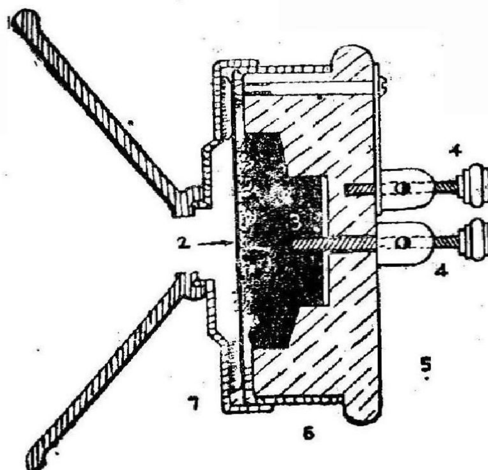


படம் 65 ஒரு கிராமபோன் கருவி (பழைய மாதிரி)

துடிக்கும். இவ்விடம் அவ்வாறில்லாமல் கூரிய முனை பக்கவாட்டத்தில் துடிக்கும். திரும்ப சப்தத்தை அடை

வதற்கு படத்தில் காணப்படும் கைப்பிடி சக்கரத்தை ஒரே விதானமாகச் சுற்றவேண்டும். இதில் புனல் சேர்க்கப் பட்டிருப்பதைக் காணலாம். *1899*-ம் வருஷத்தில் வெளி வந்த மற்ருெரு கருவியை 65-ம் படத்தில் காண்பிக்கப் பட்டிருக்கின்றது. இதில் வட்டிலை கையினுல் சுற்று வதற்குப் பதிலாக யந்திரத்திஞல் சுற்றுவதற்கு சாதகம் இயற்றப்பட்டிருக்கின்றது.

இப்பொழுது தற்காலம் ஒலியைப் பதிவு செய்யும் முறையையும் அப்பதிவிலிருந்து (Sound Box) ஸவுண்ட் பாக்ஸ் என்று சொல்லப்படும் முக்கியமான பாகத்தின்



மைக்ரோபோன்

படம் 66

1 **புனல்.**
2. **விதானம்.**
3. **கார்பன் துணுக்குகள்.**
4. **முனைகள்.**
5. **எபனைட் மூடி.**
6, 7. **வெளிமூடி.**

உதவியால் எவ்வாறு சப்தங்களை அடைகின்றோம் என்றும் பார்ப்போம். பழைய முறையில் எடுக்கப்பட்ட பதிவு களில் மெழுகில் கோடுகளைக் கிழிக்க, சக்தி முழுவதும் வெளி சப்தத்திலிருந்து வரவேண்டியிருப்பதால் பதிவு

செய்யும் கருவியின் ஹாரனுக்கு சமீபத்தில் வாத்தியங்களை வாசிக்க வேண்டியிருந்தது. இந்தத் தொந்திரவு புது முறையில் நிவர்த்தி செய்யப்பட்டிருக்கின்றது. (Microphone) மைக்ரோபோன் என்ற கருவியின் முன்பாக வாத்தியங்கள் வாசிக்கப்படும்பொழுது அந்தக் கருவியின் விதானத்தை சப்தத்தின் அலைகள் மோதுவதால் மின்சார ஓட்டத்தில் ஏற்றக்குறைவு ஏற்படுகின்றது. மைக்ரோ போன்களில் பலவிதங்கள் இருக்கின்றன. கரி மைக்ரோ போனின் அமைப்பை முதலில் கவனிப்போம் (படம் 66). இதில் விதானத்துக்குப் பின் கரிதுணுக்குகள் (Carbon granules) நிரம்பி இருக்கின்றன. இதன் மூலமாக ஒரு மின்னருவி ஓடுமாறு செய்யப்படும். ஒலி அலைகள் விதானத்தைத் தாக்கும்போது கரித்துணுக்குகள் அதற்குத் தகுந்தாற்போல நசுக்கப்படுகின்றன. இதனால் கரித் துணுக்குகளின் மின்தகைவு (Electrical resistance) மாறுகிறது. எனவே அதன் வழியாக ஓடும் மின்னருவியும் மிகுந்தோ குறைந்தோ போகிறது. இதன் விளைவாக ஒலித் துடிப்புகள் மின் துடிப்புகளாக மாறுகின்றன. கண்டென்ஸர் மைக்ரோபோன் (Condenser Microphone) என்று மற்றொரு வகை உண்டு. இதில் இரண்டு உலோக தகடுகளுக்கு இடையே பெரியதொரு மின்மட்ட வேற்றுமை (Potential difference) ஏற்படுத்தப்பட்டிருக்கும். உலோக தகடுகளில் ஒன்று துடிக்கும் விதானமாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். விதானத்தின்மீது ஒலி அலைகள் மோதும் போது இரண்டு தகடுகளின் இடைத்தூரம் மாறுபடுகின்றது. இதனால் கருவியின் கொள்திறன் (Capacity) வேறுபட்டு, ஒலித்துடிப்புகளுக்கு ஏற்றவாறு மின்மட்ட வேற்றுமையும் மாறி, மின்னருவி குறைந்தோ மிகுந்தோ ஓடுகிறது. எனவே இங்கும் ஒலி மின்சாரமாக மாற்றப் படுகின்றது. இயங்கு சுருள் மைக்ரோபோன் (Moving coil Microphone) என்ற மூன்றாவதுவகை மைக்கும் உண்டு. இக்கருவியே மற்ற மைக்ரோபோன்களைக் காட்டிலும் அதிகமாக கையாளப்படுகிறது. இதில் துடிக்கும் விதா

னத்துடன் பல சுற்றுகள் கொண்டதொரு மெல்லிய கம்பிச் சுருள் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்தச் சுருள் ஒரு காந்தத்தின் துருவங்களிடையே உள்ள சந்தில் இயங்குமாறு வசதி செய்யப்பட்டிருக்கும் கம்பிச் சுருளின் இரண்டு முனைகளும் இரண்டு பிடிப்புத் திருகுகளில் முடிவடையும். இந்தக் கருவியின் முன்னால் ஒருவர் பேசும்போது அதன் விதானம் துடித்து இயங்கும். இதனால் இத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் கம்பிச்சுருளும் இயங்கும். காந்தப் புலத்தில் இந்தக் கம்பிச் சுருளும் இயங்குவதால் அதில் ஊட்ட அருவி (Induced current) ஒன்று ஏற்படும். இந்த அருவியின் பலமும் சுருளின் இயக்கத்துக்கு தகுந்தவாறு இருக்கும். எனவே இக்கருவியிலும் ஒலி துடிப்புகள் மின் துடிப்புகளாக மாற்றப்படுகின்றன. ஒலியை மின்சாரமாக மாற்றிய பின்னர் அதன் ஏற்றக்குறைவை (Thermionic Valves) தெர்மியானிக் வால்வ்ஸ் என்று சொல்லப்படும் கருவிகளின் உதவியால் அதிக சக்தியுடன் வரும்படி செய்து ஊசி முனைக்கு அசைவு ஏற்படும்படி செய்யப்படுகின்றது. தெர்மயானிக்வால்வ் அல்லது மின்உருக்குழாய் என்னும் கருவி மின்சார விளக்கைப்போல இருக்கும். இதனுள் பிலிமெண்டு (Filament) என்று சொல்லப்படும் மெல்லிய கம்பி ஒன்று இருக்கிறது. இது பெரும்பாலும் 'டங்ஸ்டன்' என்ற உலோகத்தினால் ஆனது. இதில் ஒரு மின்னருவியை செலுத்தியவுடன் அது நன்றாக சூடேறி அதன் விளைவாக எலெக்ட்ரான்கள் அதனின்றும் எல்லா திசைகளிலும் வெளிப்படுகின்றன. இதற்கு சற்று உயரத்தில் குழாயில் கிரிட் (Grid) என்னும் கண்சல்லடைத் துண்டு இருக்கிறது. அதற்கும் மேலே ஒரு தகடு ஒன்று இருக்கிறது. இக்கருவியைக்கொண்டு சிறியதொரு மின்னருவியையும் பெரிய மின்னருவியாக மாற்றலாம். இக்கருவியின் உதவியைக் கொண்டு வெகுதூரத்துக்கு அப்பாலுள்ள ஒலியையும் பக்கத்திலிருந்து வரும் ஒலியைப் போலவே மிகவும் தெளிவாகக் கேட்கும்படி செய்யலாம். உதாரணமாக ஒருவனுடைய இதயத் துடிப்பின் ஒலியை

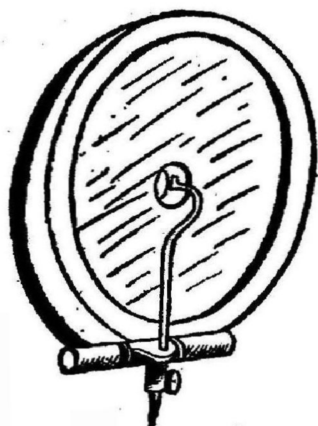
ஒரு பெரும் சபையில் கூடியிருக்கும் ஜனங்கள் எல்லோரும் ஒருங்கே கேட்கும்படி செய்யலாம்.

இக்குழாய்களை தக்கவாறு அமைத்துக்கொண்டு மைக்ரோபோனிலிருந்து வரும் அருவியை செலுத்தி வேண்டுகிற அளவுக்கு அதன் பலத்தை உயர்த்திக்கொண்டு ஊசி முனையை அதற்கு ஏற்றவாறு அசையும்படி செய்யப்படும். ஊசியின் அசைவைக்கொண்டு மெழுகுத் தகட்டில் பதிவு செய்யப்படுகின்றது. மெழுகு பிரதிகளை மூல பிரதிகளாக வைத்துக்கொண்டு அவைகளிலிருந்து அசல் பிரதிகள் கீழ் கண்டவாறு தயாரிக்கப்படுகின்றன. மெழுகு பதிவுகளில் (Graphite) என்கிற காரீயத்தூளைத் தூவி (Copper Sulphate) துருசு என்று சொல்லப்படும் திராவகத்தில் அதை வைத்து மின்சாரத்தை, அதன் வழியாகச் செல்லும்படி செய்தால் மெழுகு பதிவின் மேல் தாம்பிரத் தூள்கள் சன்னமாக அதிலுள்ள கோடுகளிற்குத் தகுந்தாற்போல் படியும். வேண்டுமென்கிற கனத்திற்குப் படிந்தவுடன் தாம்பிரம் பதிவிலிருந்து உரித்து எடுக்கப்படும். மூல பிரதியிலிருப்பது போல் தாம்பிரத்திலும் கோடுகளிருக்கும். அவ்வாறு எடுக்கப்பட்ட தாம்பிர பிரதிகளுக்கு (Negative) நெகடிவ் என்று பெயர் சொல்லப்படும். ஏனெனில் மெழுகு பிரதியில் பள்ளமாக விருக்குமிடத்திற்குத் தகுந்தாற்போல் இதில் உயரமாகவும், உயரமாக இருக்குமிடத்திற்குத் தகுந்தாற்போல் இதில் பள்ளமாகவும் இம்மாதிரி மாறி இருப்பதனுல் இது (Negative) நெகடிவ் என்று கூறப்படும். இதிலிருந்து மற்றொரு பிரதி தயாரிக்கப்படுகின்றது. இதை தயாரிப்பதற்கு ஒவ்வொரு கம்பெனியும் ஒவ்வொரு முறையை அனுஷ்டிக்கின்றது. இவ்வாறு தயாரிக்கப்படும் பிரதிக்கு (Mother Shell) மதர் ஷெல் என்று பெயர் சொல்லப்படுகின்றது. இது மெழுகு ரிகார்டைப் போலிருக்கும். இது (Positive) பாஸிடிவ் என்று சொல்லப்படும். இதிலிருந்து மற்றொரு (Negative) நெகடிவ் தயார் செய்கிறார்கள். இது வொர்க்கிங் மேட்ரிக்ஸ் என்றுசொல்

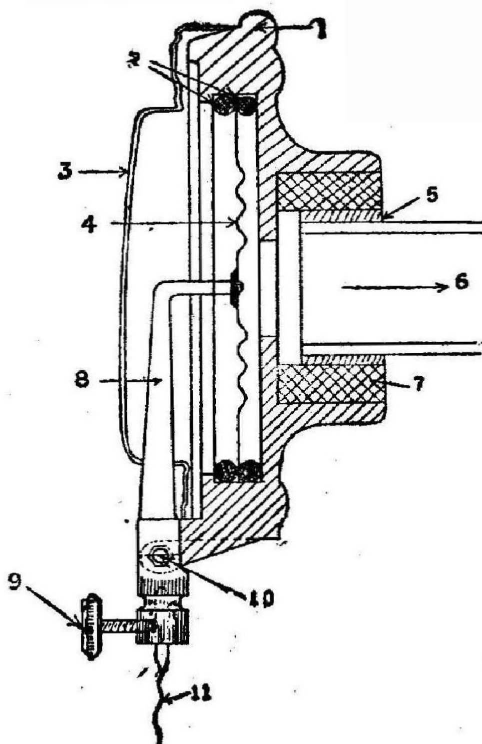
லப்படுகின்றது. இவ்வாறு ஒவ்வொரு பக்கத்திற்கும் (Working Matrix) வொர்க்கிங் மேட்ரிக்ஸ் தயார்செய்து ஒரு அச்சுயந்திரத்தின் மேல் பக்கத்திற்கொன்றும் கீழ் பக்கத்திற்கொன்றுமாக இணைக்கப்படுகின்றது. கடைசியாக பதிவு செய்யவேண்டிய பதார்த்தத்தை கொதிக்க வைத்து தளதளவென்று அச்சு இயந்திரத்தின் இடையே அதை ஊற்றி இரண்டு பக்கங்களையும் சேர்த்து அழுக்கி, குளிர்ந்த ஜலத்தை மேலே ஊற்றி குளிரச்செய்து விளிம்புகளை வட்டமாகக் கத்தரித்து அச்சு யந்திரத்திலிருந்து பிரதி வெளியே எடுத்துவிடப்படுகின்றது. இதுதான் முடிவாக நாம் உபயோகிக்கும் கிராமபோன் இசைத்தட்டு.

தட்டிலிருந்து திரும்ப சப்தத்தை அடைவதற்கு உண்டான சக்தி கிராமபோன் பெட்டியிலிருக்கும் விற்சுருளிலிருந்து வருகின்றது. அதாவது முதலில் சாவி கொடுக்கும்பொழுது விற்சுருள் இறுகும்படிச் செய்கின்றோம். தட்டு சுற்றும்பொழுது விற்சுருள் மெதுவாகத் தளர்ந்து அந்த சக்தியைக் கொண்டு ஓடுகின்றது. தட்டின்மேல் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் ஊசிக்கு இந்த சக்தி பரவி அத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்ற (Sound Box) ஸவுண்ட் பாக்ஸிலிருக்கும் மெல்லிய விதானம் துடிக்கின்றது. இதனால் காற்றில் அலைகள் ஏற்பட்டு அவைகள் நம்முடைய காதுகளில் மோதுவதால் சப்தத்தைக் கேட்கின்றோம். விதானம் நேராக அதிர்ச்சியைக் காற்றில் உண்டு பண்ணும்படி செய்தால் சப்தம் குறைவாகக் கேட்கும். அவ்வாறில்லாமல் சப்தம் அதிகமாகக் கேட்கும்பொருட்டுக் கீழ்க்கண்டவாறு (Sound Box) ஸவுண்ட் பாக்ஸ் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அதன் அமைப்பை 67, 68-ம் படங்களில் காணலாம். பெட்டியின் பின் பக்கத்தில் விதானம் சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றது. அதன் எதிரிலிருக்கும் தகட்டில் ஒரு சிறு துவாரத்தைத் தவிர எல்லாப் பக்கங்களும் மூடப்பட்டிருக்கின்றன. விதானம் துடிக்கும் பொழுது அதன் எதிரிலிருக்கும் காற்றில் அசைவு ஏற்பட்டும், அந்தக்

காற்று சிறு துவாரத்தின் வழியாக வேகத்துடன் வருவதால், வெளிக்காற்றில் அதிர்ச்சி அதிகமாக ஏற்பட்டு



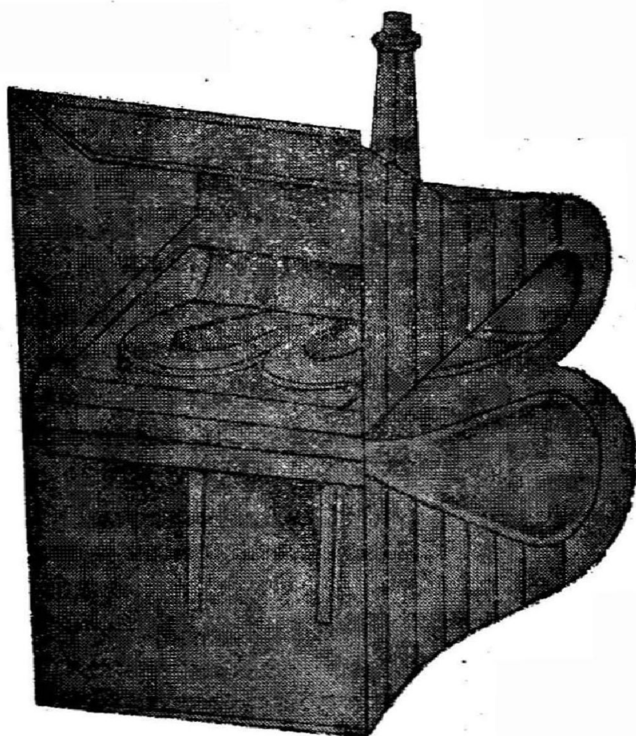
படம் 67



கிராமபோன் ஸவுண்டு பாக்ஸ்
படம் 68

1. உறை.
2. ரப்பர் பொருத்தங்கள்.
3. மூடி.
4. டயாபரத் தட்டு.
5, 7. பித்தளைப் பொருத்து வளையல்கள்.
6. ஒலிக் குழாய் (Tone arm)
8. ஊசி யேற்றுச் சொருகி.
9. ஊசித்திருகு.
10. சுழியாணி (Pivot)
11. தட்டிலான கீற்று.

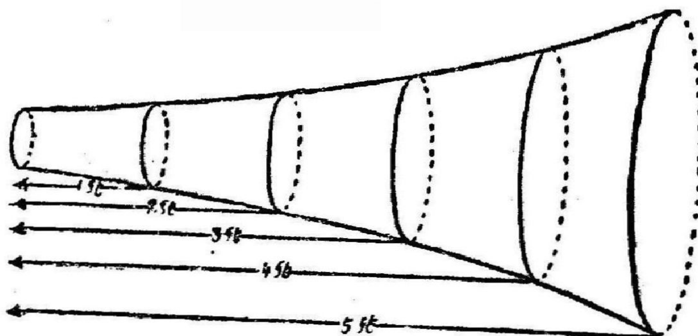
சப்தம் அதிகமாகக் கேட்கின்றதென்று அறியவேண்டும். மேலும் இன்னும் சப்தம் அதிகமாக ஏற்படுவதற்கு ஹார்னை (Sound Box) ஸவுண்ட் பாக்ஸுடன் இணைத்திருப்பதைக் கவனித்திருக்கலாம். பழைய கிராமபோன்களில் புனல், பெட்டிக்கு வெளியில் அமைத்திருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். புது மாடலில் ஹார்னை மடித்து அது பெட்டிக்குள் அடங்கியிருக்கும்படி செய்யப்பட்டிருக்கின்றது. இதை 69-ம் படத்திலிருந்து காணலாம். இம் மாதிரி புனல் அமைக்கப்பட்டுள்ள கருவிகளுக்கு (Cabinet) காபினெட் மாடல் என்று பெயர்.



புனல் மடிந்து இருக்கும் ஒலிக்குழாய்

படம் 69

சப்தத்தைப் பெருக்கிக் கொடுக்க புனலின் அமைப்பு எவ்வாறு இருக்கவேண்டுமென்று இப்பொழுது பார்ப்போம். புனல் குட்டையாகவும், அதன் வெளி வாயின் சுற்றளவு குறைவாகவுமிருந்தால் புனலில் அதிகமாக பிரதிபலனம் ஏற்பட்டு, வெளிக்காற்றில் ஏற்படும் அலைகளின் பலம் குறைவதினால் சப்தமும் குறைவாகக் கேட்கும். புனல் குட்டையாகவும், அதன் வெளிவாயின் சுற்றளவு அதிகமாகவும் இருந்தாலும், அப்பொழுதும் சப்தம் அதிகமாகக் கேட்காது. ஆகையினால் புனலின் நீளம் அதிகமாக இருக்கவேண்டியிருக்கின்றது. தவிர புனலிலிருக்கும் காற்றிற்கு ஒரு இயற்கையான சுருதியும், அதற்கேற்ற பரிவார சுருதிகளும் உண்டு. ஆகையினால் இசைத்தட்டிலிருந்து வரும் சப்தத்தில் புனலுக்குத் தகுந்த சுருதியுள்ள பரிவார சுருதிகளை உடனியக்கத்தினால் அதிகப்படுத்துவதால் வெளிவரும் சப்தம் மாறுதலையடையும். சுமாராக எல்லாக் குறைகளையும் நிவர்த்தி செய்து உபயோகப்படும் ஹார்ன் (Logarithmic horn) லாகரித்மிக் ஹார்ன் என்று சொல்லப்படும். அதன் அமைப்பின் விவரத்தை 70-ம் படத்தில் காணலாம். ஒவ்வொரு அடி நீளத்திற்கும் அதன் குறுக்கின் பரப்பு முன்னிருந்ததைக் காட்டிலும் இரண்டு

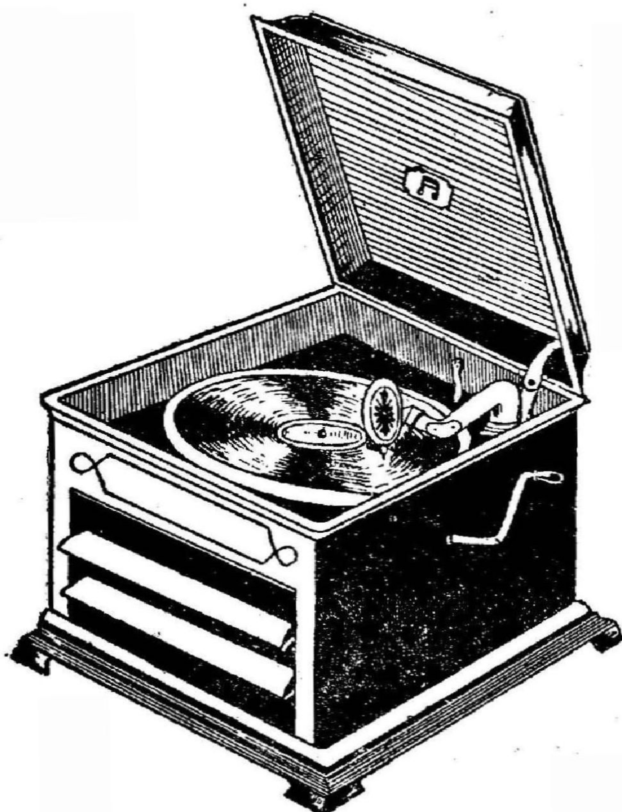


லாகரித்மிக் ஹார்ன் எனப்படும் புனலின் அமைப்பு

படம் 70

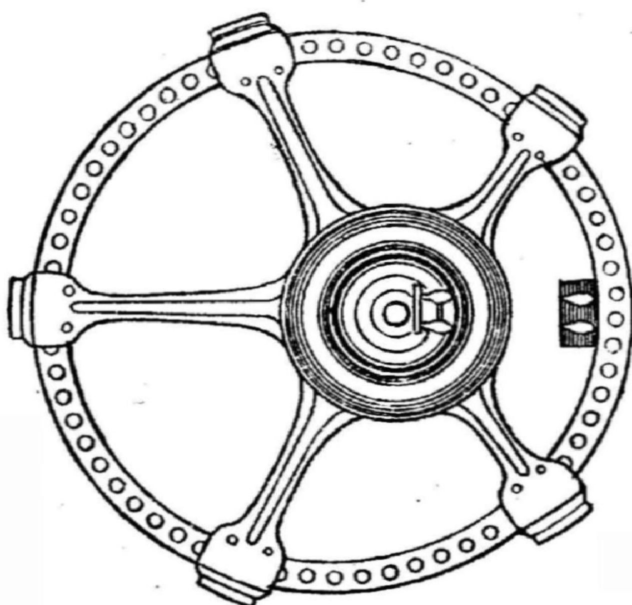
மடங்கு அதிகமாக இருக்கும்படி புனல் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. வெளியே நீட்டிக்கொண்டு விகாரமாக இருக்காமலிருப்பதன் பொருட்டு காபினெட் மாடலில் புனலேமடித்துப் பெட்டிக்குள் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றதை முன்பே கவனித்தோம். 71-ம் படத்திலிருந்து கொலம்பியா மாடல் நம்பர் 101 மெஷினில் அமைப்பைக் காணலாம்.

வீடுகளிலும், கட்டிடங்களிலும் சாதாரணமாக, கிராமபோன் பெட்டிகளைக்கொண்டு பலபேர்கள் பாட்டுகளைக் கேட்கும்படி செய்யலாம். ஆனால், மைதானங்



கிராமபோன் பெட்டி
படம் 71

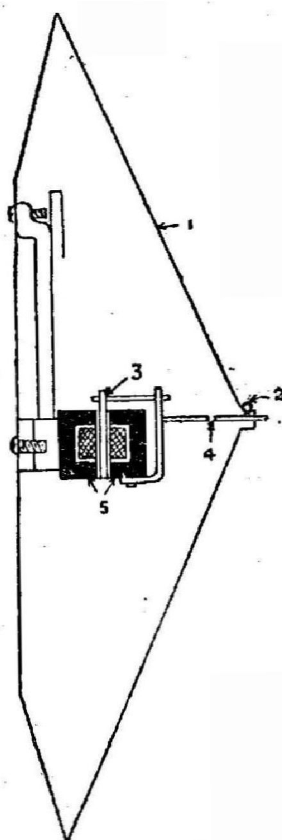
களிலும், பார்க்குகளிலும் கூடியிருக்கும் ஜனங்கள் எல்லோரும் கேட்கவேண்டுமென்ருல் கிராமபோன் பெட்டிகளிலிருந்து வரும் சப்தம் போதாது. ஆகையினுல் சப்தம் மின்சாரத்திலுல் அதிகப்படுத்தப்பட்டு எல்லோரும் கேட்கும்படி செய்யப்படுகின்றது. அப்பொழுது ஸவுண்ட் பாக்ஸ், புனல் இரண்டையும் எடுத்துவிட்டு அதற்குப் பதிலாக கிராமபோன் (Pick-up) பிக்கப் என்ற பகுதி கருவியில் சேர்க்கப்படும். இசைத்தட்டின் மேலிருக்கும்



லவுட்ஸ்பீகர் என்னும் ஒலிபெருக்கி
படம் 72

கோடுகளில் ஊசி செல்லுவதினுல் அதில் ஏற்படும் அசைவு (Pick-up) பிக்கப் என்று சொல்லப்படும் கருவியில் ஏற்பட்டு அதன்மூலமாக மின்சார ஓட்டத்தில் ஏற்படும் ஏற்றக் குறைவுகளை, தெர்மியானிக் வால்வ்ஸ் என்னும் கருவிகளின் உதவியால் அதிகப்படுத்தி, (Loud Speaker) ஒலி

பெருக்கியின் வழியாகச் செலுத்த, அதன் விதானம் துடித்து சப்தம் அதிகமாக ஏற்பட்டு எல்லோரும் பாட்டு களைக் கேட்கும்படி செய்யப்படுகின்றது. அம்மாதிரி உபயோகப்படும் (Loud Speaker) ஒலிபெருக்கி ஒன்றை 72, 73-ம் படங்களில் காணலாம்.

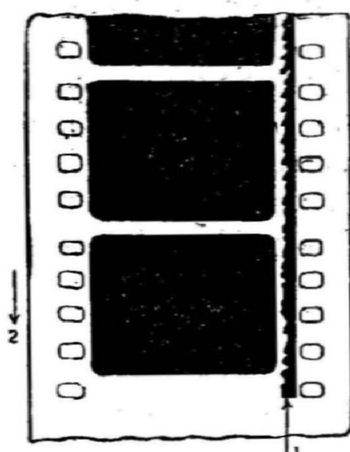


ஒலிபெருக்கி
படம் 73

1. கூம்புறை. 2. பொருத்துத்திருகு.
3. நிலைக்கருள். 4. இணைக்கம்பி.
5. காந்தங்கள்.

சினிமா பேசும் படங்கள்:—வெகுநாள் வரை சினிமா வில் மௌனப் படங்களே காண்பிக்கப்பட்டு வந்தன. இதற்கு ஸெலுலாயிடு (Celluloid) படலத்தில் காட்சிகளைக் விநாடிக்குப் பதினாறு படங்கள் வீதம் தக்க காமிராவைக்

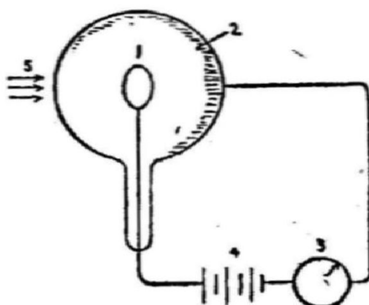
கொண்டு படம் பிடிப்பார்கள். பின்னர் இப்படச் சுருளை ஒரு பிரகாசமான விளக்கின் முன் விநாடிக்குப் பதினாறு படங்கள் வீதம் நழுவி வரச்செய்து அவ்விளக்கின் உதவியால் தூரத்தில் உள்ள திரையில் படங்கள் விரிந்து காணுமாறு ஏற்பாடு செய்வார்கள். திரையில் ஒரு படம் நழுவி மற்றொரு படம் வரும்போதெல்லாம் வெளிச்சம் மறைக்கப்படும். இதனால் காட்சிகள் தொடர்ந்து நமக்குப் புலனாகி இன்பத்தை அளிக்கும். இசைத்தட்டையும் மௌனப் படத்தையும் சேர்த்துப் பேசும் படத்தை சிறிது காலம் காண்பித்து வந்தார்கள். இவ்விரண்டையும் சேர்ப்பதில் அனேக தொல்லைகள் இருப்பதை அறிந்தார்கள். படமும் இசைத்தட்டும் ஒரே வேகத்துடன் ஆரம்பம் முதல் முடிவு வரை ஓடினால் அன்றிப் பேசும்படம் திருப்தி அளிப்பதில்லை. இரண்டும் லயப்படாவிட்டால் படத்தில் வாய் மூடி இருக்கும் காட்சியும் இசைத்தட்டில் அதே சமயத்தில் பாட்டு கேட்பதும்போன்ற அதிசயங்கள் அடிக்கடி நேரிடுவதைக் கண்டார்கள். அப்படி இரண்டும் ஒரே வேகத்துடன் ஓடிக்கொண்டிருந்தாலும் ஏதோ காரணம் பற்றிப் படச்சுருள் அறுந்துபோய்விடின் உண்டாகும் கஷ்டம் சொல்லாமலே விளங்கும். இத் தொல்லைகள் காரணமாக இம்முறையைக் கைவிட்டு, படலத்திலேயே காட்சியுடன் ஒலியையும் பதிவு செய்யும் வழியைக் கண்டுபிடித்தார்கள். (படம் 74) அதாவது ஒலியை ஒளியாக மாற்றி படத்தில் பதிவுசெய்தார்கள். இது மட்டும் போதாது படம் காண்பிக்கும் போது ஒளியை மறுபடியும் ஒலியாக மாற்றினால் அன்று இம்முறை பயனளிக்காது. இதை வெற்றியடையச் செய்தது போடோ எலெக்ட்ரிக் செல் (Photo Electric Cell) என்னும் ஒளிமின்கடம். இக்கருவி அமைப்பில் மின்சார விளக்கை போலவே இருக்கும். இதில் இரண்டுவகை உண்டு. ஒரு வகையில் குமிழ் வெற்றிடமாக்கப்பட்டிருக்கும். மற்றொரு வகையில் ஆர்கன் (Argon) என்னும் வாயு குறைந்த இறுக்கத்தில் குமிழினுள் அடைக்கப்பட்டிருக்கும். இக் குமிழின் நடுவில் ஒரு மெல்லிய உலோகக்



பேசும் படத்தின் ஒரு பகுதி
படம் 74

1. ஒலிச்சுவடு. 2. படச்சுருள் செல்லும் திசை.

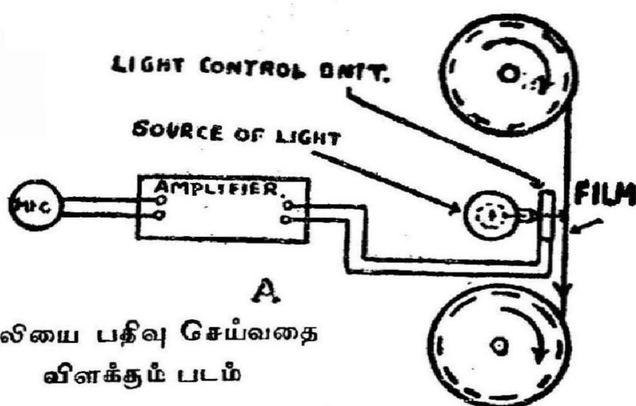
கம்பி தலையிலே ஒரு வளையத்தோடு இருப்பதைக் காண லாம் (படம் 75). குமிழின் முன்புறத்திலுள்ள சிறிது



போடோ எலெக்ட்ரிக் செல்
படம் 75

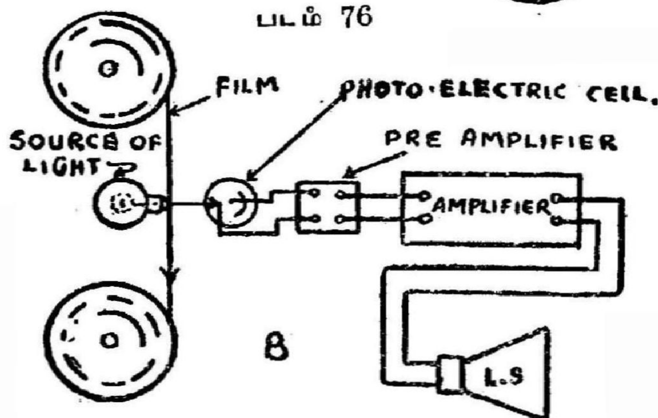
1. ஆனோடு—மிகைத்துருவம்.
2. பொடாஷியப் படலம்—குறைத்துருவம்.
3. மின்னோட்டம் காட்டி.
4. பாட்டரி. 5. ஒளிக்கதிர்கள்.

பாகம் நீங்கலாக உட்புறம் முழுவதும் பொடாஸியம் உப்பினால் லேசாகப் பூசப்பட்டிருக்கும். இப்படலத்தைத் தொட்டுக்கொண்டு மற்றொரு சிறிய கம்பி இருக்கும். இதுவும் முன்கூறிய கம்பியும் இக்கருவியின் இரண்டு துருவங்களாக கொள்ளப்படுகின்றன. குமிழில் பொடாஸியம் பூசப்படாத பாகத்தின் வழியாக ஒளி நுழையும் போது இரண்டு துருவங்களுக்குமிடையே மின்னருவி பாய்கிறது.



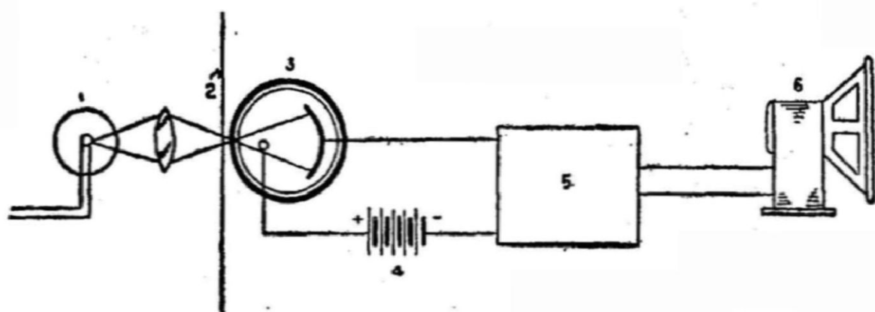
ஒலியை பதிவு செய்வதை
விளக்கும் படம்

படம் 76



ஒலியை திரும்ப பெறும் விதத்தை விளக்கும் படம்
படம் 77

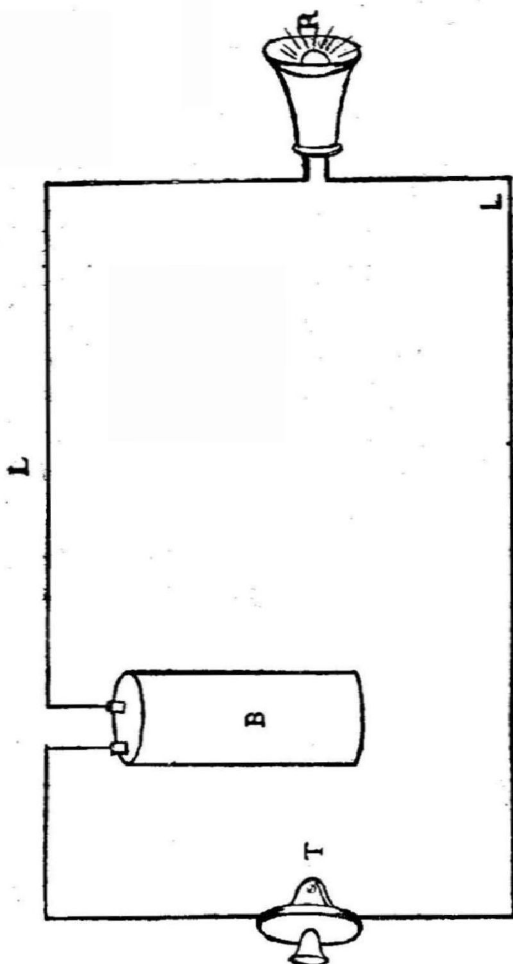
இக்கருவி எவ்வாறு பேசும் படங்களில் பயன்படுகிறது என்பதைக் கூறுவோம். படச்சுருளின் ஓரத்தில்தான் ஒலி பதிவு செய்யப்படும். காட்சிப் படங்கள் பிடிக்கும் போதே மைக்ரோபோனில் ஒலியும் ஏற்றுக்கொள்ளப் படும். விழும் ஒலிக்குத் தகுந்தவாறு மைக்ரோபோனில் மின்சார ஓட்டம் ஏற்படுகிறது. இம் மின்சாரத்தைப் பல மடங்கு பெருக்கி அதைக்கொண்டு ஒரு விளக்கி லிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றையை அதற்குத் தகுந்தவாறு மாறும்படி செய்தே சுருளின் ஓரத்தில் ஒலியை ஒளியாகப் பதிவு செய்வார்கள் (படம் 76). படங்களைக் காட்டும் போது படமும் ஒலியும் சேர்ந்து பதிவு செய்யப்பட்ட படச்சுருள் மேல்கண்டிலிருந்து கீழ்கண்டிற்கு இழுக்கப் படுகிறது. இதன் செயல் முறையை படங்களில் (படங்கள் 77, 78) பார்க்கவும். விளக்கின் ஒளி சுருளில் உள்ள ஒளிப் பதிவில் விழுந்து அதையடுத்துள்ள போட்டோ எலெக்ட்ரிக் செல்லின்மீது விழுகிறது. படச்சுருளின் மூலம் வெளிவரும் ஒளியின் அளவு ஒலிப் பதிவுக்குத் தகுந்தவாறு மாறுவதால் செல்லில் பாயும் மின்சாரமும் அதற்குத் தகுந்தவாறு மாறுகிறது. இம் மின்சாரத்தை



படத்திலிருந்து ஒலியைப்பெறும் விதத்தை விளக்கும் படம்.
படம் 78

1. விளக்கு.
2. படச்சுருள்.
3. போட்டோ எலெக்டிரிக் செல்.
4. பாட்டரி.
5. மின்னோட்டம் பெருக்கி.
6. ஒலி பெருக்கி.

பல மடங்கு பெருக்கி ஒலி பெருக்கி மூலம் அனுப்பப்படும். இதனால் மின்சாரம் ஒலியாக மாற்றப்படுகிறது. எனவே படத்துடனேயே ஒலியையும் கேட்பது சாத்தியமாகிறது.



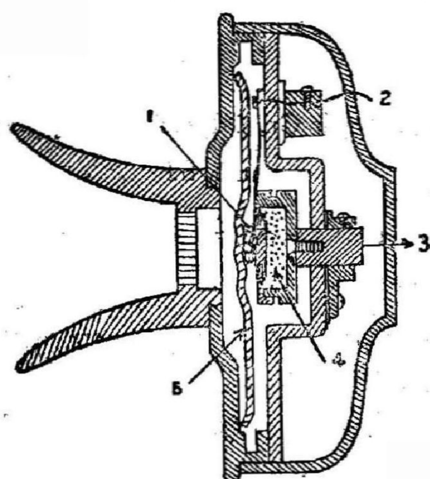
படம் 79

கம்பி டெலிபோன் தத்துவத்தை விளக்கும் படம்

T. டெலிபோன் டிரான்ஸ்மீட்டர். B. பாட்டரி.
L. கம்பித் தொடர் (மின்மண்டலம்). R. டெலிபோன் ரிஸீவர்.

ரேடியோ :—அமெரிக்கா, இங்கிலாந்து, கொழும்பு இம்மாதிரி பல இடங்களில் நடக்கும் சமாசாரங்களும், ஸங்கீதக் கச்சேரிகளும் ரேடியோ மூலமாக நம்முடைய தேசத்தில் எல்லா இடங்களிலும் கேட்கப்படுவதை அறி

வோம். எவ்வாறு ரேடியோ மூலம் ஒருஇடத்தில் நடக்கும் பாட்டுக் கச்சேரிகள் மற்றொரு இடத்தில் கேட்கப்படுகின்றன என்பதை அறிய, முதலில் கம்பி டெலிபோன் மூலமாக எவ்வாறு ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குச் சமாசாரம் செல்லுகின்றது என்று அறிய வேண்டும். இதைத் தெரிந்துகொள்வதற்கு 79-ம் படத்தைக் கவனிக்கவும். T என்று குறிப்பிடப்பட்டிருப்பது

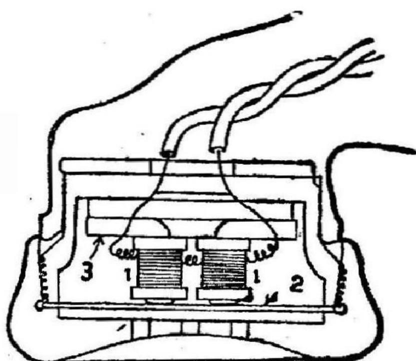


கரி டெலிபோன் டிரான்ஸ்மிட்டர் என்னும் கருவி

படம் 80

1. கார்பன் குமிழ் (Carbon button)
2. மின்னோட்ட நுனிகள்.
3. நில நுனி (Ground terminal).
4. கரித்துணுக்குகள்.
5. வளைவான தட்டு.

(Telephone Transmitter) டெலிபோன் டிரான்ஸ்மிடர் என்று சொல்லப்படும் (படம் 80, 81). மற்ற பக்கத்தில் R என்று குறிப்பிடப்பட்டிருப்பது (Telephone Receiver)

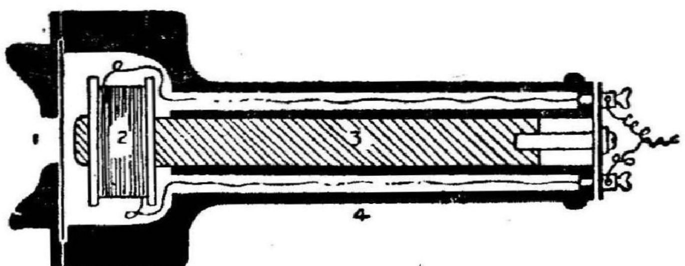


இயங்கு சுருள் டெலிபோன் டிரான்ஸ்மிட்டர்

படம் 81

1. கம்பிச் சுருள். 2. தகடு.
3. காந்தம்.

டெலிபோன் ரிஸீவர் என்று சொல்லப்படும் (படம் 82). இவை இரண்டும் 79-ம் படத்தில் கம்பிகள் மூலமாக B என்கிற மின்கடத்துடன் சேர்க்கப்பட்டிருப்பதைக்



டெலிபோன் ரிஸீவர் என்னும் கருவி

படம் 82

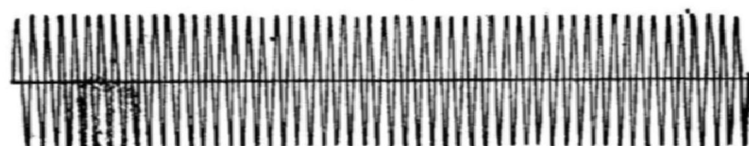
1. அசைத் தகடு. 2. சுருள் கம்பி.
3. காந்தம். 4. வெளியுறை.

கவனிக்கலாம். மின்கடத்தின் ஒரு துருவத்திலிருந்து மற்றொரு துருவத்திற்கு வெளிக் கம்பிகளின் மூலமாக மின்சாரம் ஓடிக்கொண்டிருக்கும். டெலிபோன் டிரான்ஸ்மிடரின் எதிரில் ஒருவர் பேசினால் காற்றில் உண்டாகும் அலைகள் டெலிபோன் டிரான்ஸ்மிடரின் விதானத்தை மோதி அதில் துடிப்புகள் ஏற்பட்டு மின்சார ஓட்டத்தில் அதற்குத் தகுந்தவாறு ஏற்றக் குறைவு ஏற்படுகின்றது. அந்த ஏற்றக்குறைவு டெலிபோன் ரிசீவரில் ஏற்பட்டு அதன் விதானமும் துடிக்கின்றது. அதிலிருந்து வெளிக் காற்றில் அலைகள் ஏற்படுவதினால் டெலிபோன் ரிசீவரைக் காதில் வைத்துக் கொண்டிருப்பவர் சப்தத்தைக் கேட்கின்றார். இந்த மின் மண்டலத்தில் பேசுவதற்கு முன்பாக மின்சாரம் ஓரே நிதானமாக ஓடிக்கொண்டிருக்கும். எப்பொழுது மின்சார ஓட்டத்தில் பேசுவதற்குத் தகுந்தாற்போல் ஏற்றக்குறைவு ஏற்படுகின்றதோ அப்பொழுதுதான் டெலிபோன் ரிசீவரில் சப்தம் உண்டாகும். இம்மாதிரி, கம்பியில் நிதானமாக ஓடிக்கொண்டிருக்கும் மின்சாரத்தில், பேசுவதனால் உண்டாகும் அதிர்ச்சியை சேர்க்கப்படுவது (Modulation) மாடுலேஷன் என்று சொல்லப்படும். இந்தக் கருத்து ரேடியோவிலும் உபயோகப் படுத்தப்பட்டிருக்கின்றது. கம்பி டெலிபோனில் அதிர்ச்சி ஒரு இடமிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குக் கம்பிகளின் மூலமாகச் செல்லுகின்றது. ரேடியோவில் அதிர்ச்சி வெட்ட வெளியில் செல்லுகின்றது.

முதல் அத்தியாயத்தில் ஒளியும், ஒலியைப்போல் அலைகள் மூலமாக ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்லுகின்றது என்று பார்த்தோம். ஒளிக்குண்டான அலைகள் ஒரு வினாடிக்கு 1,86,000 மைல் ஆகாயத்தில் பரவுகின்றதென்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. ஒளி அலைகள் மின்சாரத் துணுக்குகளின் துடிப்பினால் ஏற்படுகின்ற அலைகளில் ஒரு பகுதி என்று தெரியவந்தது. மின்

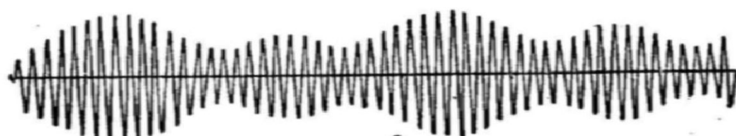
சாரத் துணுக்குகளின் துடிப்பினுல் உண்டாகும் அலை களுக்கு (Electro-Magnetic waves) மின்காந்த அலைகள் என்று பெயர். ஒளியலைகள் அவைகளின் நீளத்திற்குத் தகுந்தாற்போல், சிகப்பு ஒளி என்றும், மஞ்சள் ஒளி என்றும், ஊதா ஒளி என்றும் சொல்லப்படும். அதிக நீளமுள்ள அலைகளைக்கொண்டு ஒரு இடத்திலிருந்து மற் ெருரு இடத்திற்கு ஒலி அனுப்பப்படுகின்றது. நீளம் அதிகமுள்ள மின்காந்த அலைகளை ரேடியோ அலைகள் என்று சொல்லப்படுகின்றன. சுமார் 50 (Meter) மீடர் நீள முதற்கொண்டு 25,000 மீடர் நீளம் வரையில் உள்ள அலைகள் ரேடியோவில் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன. ஆகையினுல் ஒலி ஒரு ஊரிலிருந்து மற்ெருரு ஊருக்குச் செல்ல ரேடியோ அலைகளை முதலில் உண்டுபண்ண வேண்டும். இதை உண்டுபண்ணி ஒலியை அவற்றுடன் சேர்த்து அனுப்புவிக்கப்படும் இடத்திற்கு (Transmitting Station) டிரான்ஸ்மிடிங் ஸ்டேஷனென்று சொல்லப்படும். குறிப்பிட்ட நீளமுள்ள ரேடியோ அலைகளைத் தொடராக அனுப்பவேண்டுமென்ருல் மின்சாரத் துணுக்குகளின் துடிப்பு விடாமல் ஏற்படவேண்டும், அவ்வாறு மின் சாரத் துணுக்குகளின் துடிப்பு விடாமல் உண்டுபண்ணப் பல வழிகள் இருக்கின்றன. அவைகளை விபரமாக இங்கே கவனிக்கமுடியாது. இப்பொழுது எப்படி ஒலியை ரேடி யோ அலைகளுடன் சேர்த்து அனுப்புவதால் ஒலி மற்ெருரு இடத்திற்குச் செல்லுகின்றதென்பதைப் பார்ப்போம். அலையின் வேகத்தை, அதன் நீளத்தால் வகுத்து வருகின்ற எண், அதன் துடிப்பு எண்ணைத் தருகின்றதென்று முன்பு பார்த்திருக்கின்ரேம். அதே மாதிரியாக ரேடியோ அலை களின் துடிப்பு எண்ணை அறிய அவைகளின் வேகத்தை அலை நீளத்தால் வகுக்கவேண்டும். அலைகள் 1,86,000 மைல் ஒரு விநாடிக்கு செல்லுவதனுல் வேகம் வெகு கடுமை யாக இருக்கின்றது. ஆகையினுல் அதன் வேகத்தை அலை நீளத்தால் வகுத்து, வருகின்ற எண் மிகவும் அதிகமாக இருக்குமென்று அறியலாம். அதாவது ரேடியோ அலை

களின் சுருதி பதினையிரக் கணக்காக இருக்கும். அத்தகைய அலைகளின் தொடர் ஒன்றை படம் 83-1ல் பார்க்கவும். அவைகளின் சுருதி நாம் நம்முடைய காதுகளினுல் கேட்கக்கூடிய சுருதிகளின் எல்லையைத் தாண்டியிருக்கின்றது. எவ்வாறு கம்பி டெலிபோனில், கம்பியில் நிதானமாகச் சென்றுகொண்டிருக்கும் மின்சாரத்துடன் ஒலிக்குண்டான அதிர்ச்சி சேர்த்தனுப்பப்படுகின்றதோ அது போல அதிக சுருதியுள்ள ரேடியோ அலைகளுடன் சப்தத்திற்குண்டான அதிர்ச்சி சேர்க்கப்படுகின்றது. அவ்வாறு சேர்த்தபின் அலைகளின் தோற்றத்தை படம் 83-3ல் பார்க்





2

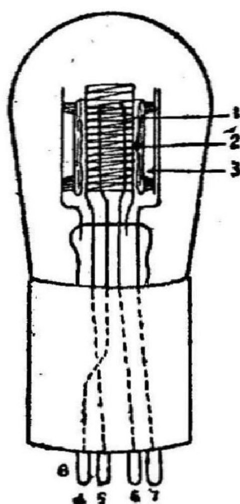


3

படம் 83

1. ஒலியை ஏற்றுச் செல்லும் மின்காந்த அலைகள் (Carrier waves).
2. ஒலி அலைகள்.
3. ஒலி அலைகளை ஏற்றுக்கொண்ட மின்காந்த அலைகள் (Modulated waves).

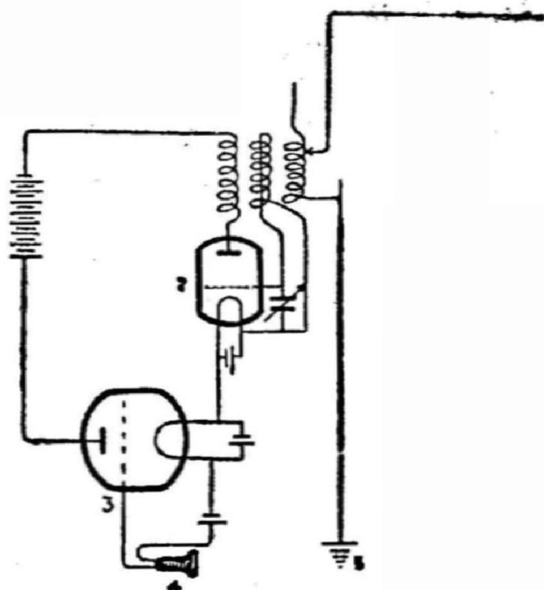
கவும். அத்துடன் சேர்ப்பதற்கு உபயோகப்படும் கருவிக்கு (Modulator) மாடுலேடர் என்று பெயர். அதன் உதவியால் ஒலியின் அதிர்ச்சிக்குத் தகுந்தவாறு ரேடியோ அலைகளின் வீச்சில் ஏற்றக் குறைவை உண்டுபண்ணப் படுகிறது. அவ்வாறு மாடுலேஷன் ஆன அலைகள் (Broadcasting Station) பிராட்காஸ்டிங் ஸ்டேஷனிலிருக்கும் (Arial) ஏரியலிலிருந்து கிளம்பி ஆகாயத்தில் செல்லும் (படங்கள் 84, 85). அவைகள் எல்லா திசைகளிலும்



தேர்மயானிக் வால்வு எனப்படும் மின்னுருக் குழாய்.

படம் 84

1. பிலமேண்டு எனப்படும் மெல்லிய கம்பி.
2. கிரிட் என்னும் சல்லடை அமைப்பு.
3. தகடு (Plate).
4, 6. பிலமேண்டின் முனைகள்.
5. சல்லடை அமைப்பின் முனை.
7. பிளேட் முனை.



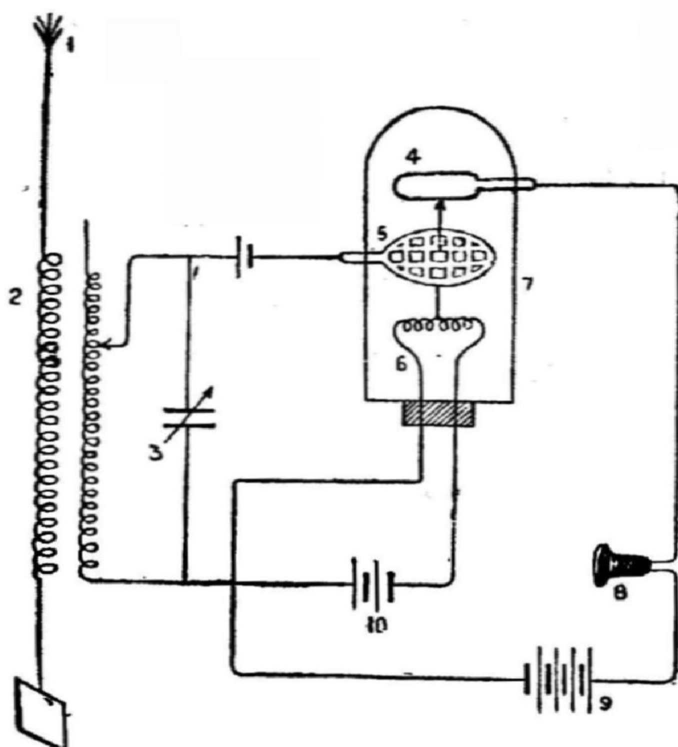
ஒலி அலைகளை மின்காந்த அலைகளுடன் சேர்க்கும் விதத்தை விளக்கும் படம்.

படம் 85

1. ஏரியல். 4. மைக்ரோபோன்.
2, 3. தெர்மயானிக் வால்வுகள். 5. நிலம் (Earth).

பரவும். ஒரு விநாடிக்கு 1,86,000 மைல் தூரம் பரவுவதால் உலகத்தில் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு அலைகள் வெகு சீக்கிரம் சென்றுவிடும். ரிஸீவிங் ஸ்டேஷனில் நாட்டப்பட்டிருக்கும் ஏரியலில் அவ்வாறு எல்லாத்திசைகளிலும் செல்லுகின்ற ரேடியோ அலைகள் மோதும். உடனியக்க கருத்தை உபயோகப்படுத்தி (Receiving Set) ரிஸீவிங் ஸெட் என்று சொல்லப்படும் கருவியில் அதிர்ச்சி ஏற்படுமாறு செய்யப்படுகிறது. அப்

பொழுது ரேடியோ அலைகளுக்குத் தகுந்தாற்போல் ஸெட்டில் மின்சார ஓட்டம் ஏற்படும். ஆனால் அதை நேராக

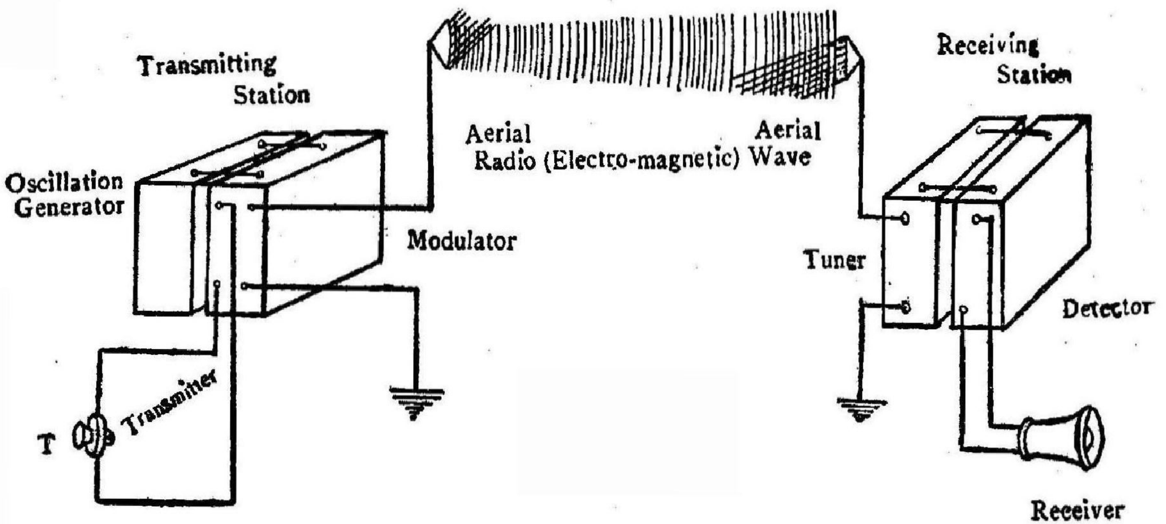


ரிஸிவிங் ஸெட் எனப்படும் ஒலியை மீண்டும் பெறும் சாதனம்.

படம் 86

1. ஏரியல்.
2. ஏரியல் கம்பி சுருள்.
3. கன்டென்ஸர் என்னும் சாதனம்.
4. பிளேட்.
5. கிரிட் எனப்படும் சல்லடை அமைப்பு.
6. பிலமென்டு.
7. வால்வு.
8. டெலிபோன் ரிஸிவர்.
9, 10. பாட்டரிகள்.

டெலிபோன் ரிஸீவரில் அனுப்புவித்தால் சப்தம் கேட்காது. அதற்காக மின்சாரம் (Rectifier) ரெக்டிபயர் அல்லது (Detector) டிடெக்டர் என்று சொல்லப்படும் கருவியில் அனுப்பப்பட்டு அதிலிருந்து டெலிபோன் ரிஸீவருக்கு அனுப்பிக்கப்படுகின்றது. அப்பொழுதுதான் டெலிபோன் ரிஸீவரிலிருந்து ஒலியை மீண்டும் பெற முடியும். இங்கு காணப்படும் 87-ம் படத்திலிருந்து, மேலே சொன்ன விஷயங்களை சுலபமாக அறியலாம். T என்ற டிரான்ஸ் மிடரின் முன்பாகப் பேசுவதினுல் அல்லது பாடுவதினுல் அதன் விதானம் துடிக்கின்றது. அதனுல் அதன் வழி யாகச் செல்லும் மின்சார ஓட்டத்தில் ஏற்படும் ஏற்றக் குறைவுகளை வால்வுகளின் உதவியினுல் சீர்ப்படுத்திக் கொண்டு, (Oscillator) ஆஸிலேடர் என்று போடப்பட் டிருக்கும் கருவியினுல் உண்டாகும் ரேடியோ அலைகளுடன் சேர்க்கப்பட்டு மாடுலேஷன் அடைந்து ஏரியலிலிருந்து வெளிக்கிளம்பி எல்லாத் திசைகளிலும் ஒரு விநாடிக்கு 1,86,000 மைல் வேகத்துடன் பரவும். அவைகள் ரிஸீவிங் ஸ்டேஷனிலிருக்கும் ஏரியலில் மோதுகின்றன. எப்படி ஒலிக்குண்டான அலைகள் நம்முடைய காதுகளிலிருக்கும் (Drum Skin) டிரம்ஸ்கின் என்கிற தோலை மோதுவதால் நாம் ஒலியை அறிகின்றோமோ, அதுபோலவே ரேடியோ அலைகள் ரிஸீவிங் ஸ்டேஷனிலிருக்கும் ஏரியலில் மோது வதால், ரேடியோ மூலமாக அனுப்புவிக்கப்படும் சமாச் சாரங்களை அறிகின்றோம். ஏரியலில் (Tuner) டியூனர் என்ற பாகம் சேர்க்கப்பட்டிருப்பதை படத்தில் கவனிக்கலாம். இதைக்கொண்டுதான் நாம் கொளும்பு விலிருந்தோ, இங்கிலாந்திலிருந்தோ, அல்லது கல்கத்தா விலிருந்தோ, இன்னும் வெவ்வேறு ஊர்களிலிருந்தோ வரும் சமாசாரத்தை கேட்க முடிகின்றது. உடனியக்க கருத்தை உபயோகப்படுத்தி அந்தந்த ஊரிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகளுக்கு ஏற்றவாறு சுருதி சேர்த்துக்கொள் வதற்கு இதில் வசதி செய்யப்பட்டிருக்கிறது. அவ்வாறு சுருதி கூட்டியவுடன் அந்த ஊருக்கு உண்டான ரேடியோ



ரேடியோவின் முழுதத்துவத்தை விளக்கும் படம்.

படம் 87

அலைகள் மின்சார ஓட்டத்தை ஸெட்டில் உண்டுபண்ணு கின்றது. அது (Detector) டிடெக்டர் என்ற பாகத்தின் மூலமாக டெலிபோன் ரிஸீவரில் செல்லுவதனால், டெலி போன் ரிஸீவரின் விதானம் துடித்து நாம் ஒலியைக் கேட்கின்றோம்.

கேள்விகள்

80. எடிஸனுடைய போனோகிராபின் முக்கிய அம்சங் களைப் படத்தில் காட்டி எவ்வாறு ஒலி அதில் பதிவு செய்யப் பட்டு திரும்ப நமக்குக் கிடைக்கின்றது என்பதை விவரித்து எழுதவும்.

81. பெர்லினர் கருவியில் எடிஸன் கருவியிலிருப்பதைக் காட்டிலும் அதிகமாயுள்ள சீர்திருத்தங்களை விவரித்து எழுதுக.

82. புனல் உள்ள கிராமபோன் பெட்டியின் முக்கிய அம்சங்களைப் படத்தில் காட்டி அவைகளின் உபயோகங்களை எழுதுக.

83 புது முறையில் ஒலி எவ்வாறு பதிவு செய்யப் படுகிறது.

கீழ்க்கண்டவைகளைப்பற்றி எழுதுக :—

84. கிராமபோன் ஸவுண்ட் பாக்ஸ்.

85. காபினெட் மாடல் கிராமபோன்.

86. லாகிரத்மிக் ஹார்ன் (Logarithmic Horn).

87. லவுட் ஸ்பீகர் (Loud Speaker).

88. ரேடியோ (Radio)

89. பேசும் சினிமா படங்கள்.

அத்தியாயம் 10

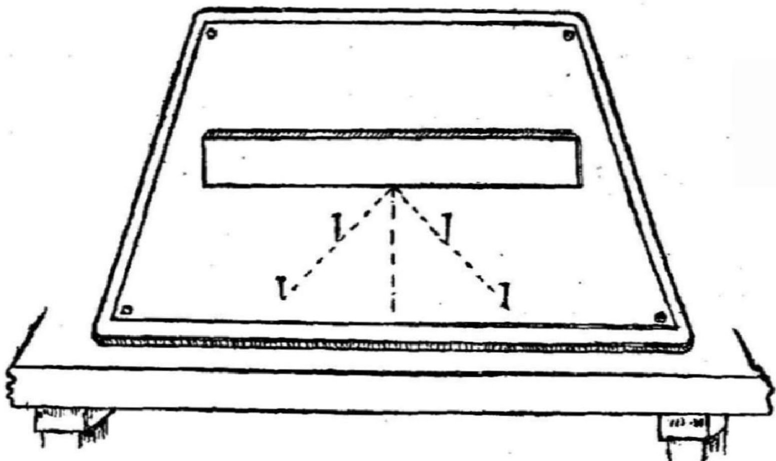
(Reflection of Sounds, Echoes, Reverberation, Acoustics of Buildings)

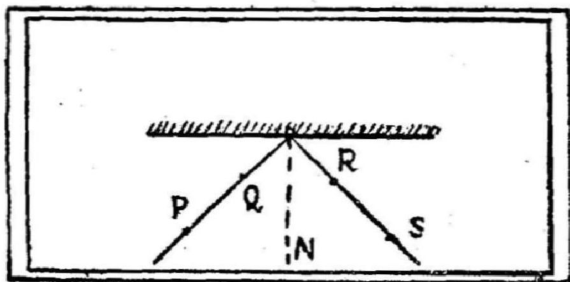
ஒலிகளின் பிரதிபலனம், எதிரொலி, எதிர்முழக்கம், மண்டபங்களின் நாதக்கட்டு

[ஒளியின் திசை மாறுதல்—ஒலியின் திசை மாறுதல்—பிரதிபலனைக் காட்டுவதற்குச் செய்யப்படும் சோதனை—குவிந்த பொருள்களில் பிரதிபலனம் ஏற்படும் விதம்—எதிரொலி—எதிர்முழக்கம்.]

காற்றில் ஒலி அலைகள் உண்டாகி நாலா பக்கங்களிலும் பரவும்போது பொருள்களின்மீது மோதுவதனுல் திசை மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. உதாரணமாக, ஒரு ஆடியைக்கொண்டு வெளியிலிருக்கும் சூரிய வெளிச்சத்தை அறைக்குள் சுவற்றில் மோதும்படி செய்ய முடியுமென்பதை சாதாரணமாக எல்லோரும் கவனித்திருக்கலாம். அதாவது சூரிய வெளிச்சம் ஆடியில் விழுந்து பிரதிபலனம் அடைந்து சுவற்றில் விழுகின்றது. அவ்வாறு சூரிய வெளிச்சம் ஆடியில் விழுந்து திசை மாறுதலை அடையும் பொழுது ஒரு விதியை எப்பொழுதும் அனுசரிக்கின்றது. அதை விளக்கிக் காட்டக் கீழ்க்கண்ட பரிசோதனையை எடுத்துக்கொள்வோம். 88-ம் படத்தில் காணப்படுவது போல் ஒரு பலகையை எடுத்துக்கொண்டு அதன்மேல் ஒரு காகிதத்தை நன்ருகப் பரப்பி, நான்கு மூலைகளிலும் குண்டூசிகளைக் குத்தி வைக்கவேண்டும். அதன்பேரில் ஒரு ஆடித்துண்டை நிற்கவைத்து அதன் எதிரில் படத்தில் காண்பித்திருக்கிறது போல் இரண்டு குண்டூசிகளைக் குத்திக்கொண்டு அவைகளின் (Images) படிவங்களை

ஆடியில் பார்த்து, ஆடியில் தெரியும் இரண்டு படிவங்களின் திசையில் வேறு இரண்டு குண்டூசிகளை காகிதத்தில் குத்திக்கொள்ளவேண்டும். பிறகு அவ்வாறு குத்தப்பட்ட இடங்களைச் சேர்த்துக் கோடுகளை யிழுத்தால் படத்தில் காணப்படுவதுபோல், ஆடியின் முன்பாகத்தில் இரண்டு கோடுகளும் கூடுவதைக் கவனிக்கலாம். கூடுகின்ற இடத்திலிருந்து ஆடிக்கு செங்குத்தான மற்றொரு கோடு படத்தில் காணப்படுவதுபோல் வரையவேண்டும். முதலில் எடுத்



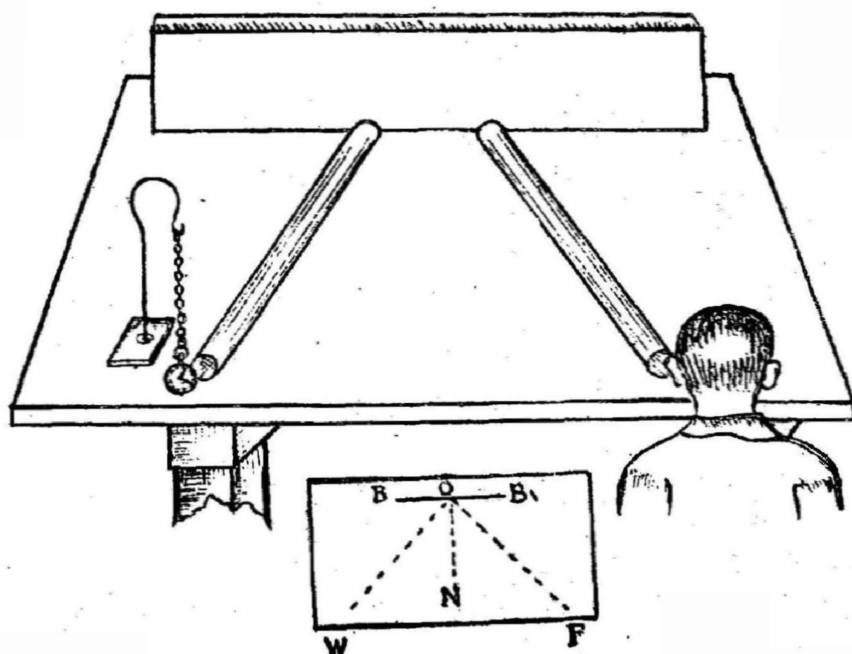


ஒளிப் பிரதிபலனத்தை விளக்கும் படங்கள்

படம் 88

துக்கொண்ட இரண்டு ஊசிகளின் இடங்களை P, Q என்றும், அவைகளின் படிவங்களுடன் தொடராக வைக்கப் பட்டிருக்கும் மற்ற இரண்டு ஊசிகளின் இருக்குமிடங் களை R, S என்றும் ஆடிக்குச் செங்குத்தாக இழுக்கப்பட்டிருக்கும் கோட்டை O N என்றும் குறிப்பிட்டோமானல் P, Q என்ற இடங்களைச் சேர்க்கும் கோடு O N என்ற கோட்டிலிருந்து எவ்வளவு சரிவாக இருக்கின்றதோ, அவ்வளவு சரிவாக R, S என்ற இடங்களைச் சேர்க்கும் கோடு O N என்ற கோட்டிலிருந்து இருக்கின்றதைக் கவனிக்கலாம். P, Q இடங்களைச் சேர்க்கும் கோட்டிற்கு மோதுங் கிரணம் என்றும், O N என்று போடப்பட்டிருக்கும் கோட்டிற்கு லம்பம் என்றும், R, S என்ற இடங்களைச் சேர்க்கும் கோட்டிற்கு (Reflected Ray) மீட்சி கிரணம் என்றும் சொல்லப்படும். P, Q என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் கோடு O N என்ற கோட்டிலிருந்து எவ்வளவு சரிவாக இருக்கின்றதோ, அவ்வளவு சரிவாக R, S என்ற கோடு O N என்ற கோட்டிலிருந்து இருக்குமென்பதை வேறு விதமாகச் சொல்லலாம். அதாவது மோதுங் கிரணம் லம்பத்திலிருந்து எவ்வளவு சரிவாக விருக்கின்றதோ, அவ்வளவு சரிவாக மீட்சிகிரணம் லம்பத்திலிருந்து இருக்கின்றதென்று சொல்லலாம். இதைப் போலவே ஒலியும் பிரதிபலனம் அடையும் போது இம்மாதிரியான விதியை மேற்கொள்கின்றது. இதைக் கீழ்க்கண்ட பரிசோதனையினுல் அறியலாம். 89-ம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பது போல், ஒரு பலகையைச் செங்குத்தாக நிறுத்தி அதன் எதிரில் இரண்டு குழாய்களை ஸ்டாண்டுகளின் உதவியால் நிறுத்திப் பலகையை நோக்கி இருக்குமாறு அமர்த்த வேண்டும். பிறகு ஒரு குழாயின் வாயின் அருகில், அதாவது படத்தில் குறிப்பிடப் பட்டிருக்குமிடத்தில், கைக்கடிகாரம் ஒன்றைக் கட்டித் தொங்கவிட்டு மற்ருெரு குழாயின் வாயினருகில் காதை வைத்துக்கொண்டு அந்தக் குழாயின் சரிவை மாற்றிக் கைக் கடிகாரத்தின் சப்தம் கேட்கும் திசையில் அதை வைத்துவிடவேண்டும். அவ்வாறு செய்த

பின் பார்த்தால் முதல் குழாய் பலகைக்கு எவ்வளவு சரி வாக விருக்கின்றதோ, அவ்வளவு சரிவாக இரண்டாவது குழாயும் பலகைக்கு இருக்கின்றதைக் காணலாம். ஆகை யினுல் ஒலியும் ஒளியைப்போல பிரதிபலிக்கப்படும்போது மேற்கூறிய விதியை மேற்கொள்ளுகின்றது என்று அறிய லாம். ஒலி பிரதிபலனம் அடையும் பரப்பு சமதளமாக இராமல் குவிந்தோ (Convex) அல்லது குழிந்தோ (Concave) இருக்கலாம். இத்தகைய பரப்புக்களுக்கு அருகே குவியம் (Focus) என்ற ஓர் சிறப்பு இடம் உண்டு. குழி ஆடியின் முன் அதன் குவியத்தில் ஒரு சிறு விளக்கை வைத்தோ மானுல் அதில் ஒளி பிரதிபலனம் அடைந்தபின்னர் இணை யானதொரு ஒளிக்கற்றையாக வெளிவரும். இது மிகவும்



ஒலிப் பிரதிபலனத்தை விளக்கும் படம்.

படம் 89

பிரகாசமாகவும் இருக்கும். ரயில் என்ஜின் முன்புறத்தில் உள்ள Search Light என்னும் சாதனத்தில் இவ்வாறு தான் ஒளி பிரதிபலிக்கப்பட்டு இருப்புப்பாதை வெளிச்சமிடப்படுகிறது. இது போன்ற நிகழ்ச்சி ஒலிக்கும் உண்டு. இணையான ஒளிக்கற்றையை மற்றொரு குழியாடியில் விழச் செய்தால் அக்கற்றை அதன் குவியத்தில் கூடும். இதன் பொருட்டு அவ்விடம் மிகப் பிரகாசமாக தோன்றும். இது போன்ற நிகழ்ச்சியும் ஒலிக்கு இருக்கின்றது.

மண்டபங்களின் நாதக்கட்டு :—திறந்த வெளியில் நின்று கொண்டு ஒருவர் பேசினால், அவரைச் சுற்றியுள்ள சிலரே அவர் பேச்சைக் கேட்கமுடியும். அவர் ஓர் உயர்ந்த மேடைமீது நின்றுகொண்டு பேசினால், பலர் அவர் பேச்சைக் கேட்கமுடியும். திறந்த வெளியில் அல்லாமல் ஒரு அறையினுள் அம்மேடையை அமைத்து அதன்மீது நின்று கொண்டு அவர் பேசினால் அறையினுள்ளிருக்கும் எல்லோரும் கேட்கமுடியும். மேடையைச்சுற்றி நாலாபுறங்களிலும் படிப்படியாக உயர்ந்து செல்லுமாறு பலகைகளை அமைத்து அவற்றின்மீது அனேகர் உட்கார்ந்துகொண்டு பின்னும் நன்றாக கேட்கலாம். இதுபோலப் பலர் கூடி பேச்சைக் கேட்பதற்கும் சங்கீதத்தை அனுபவிப்பதற்கும், பிரத்தியேகமாக எல்லா நாடுகளிலும் மண்டபங்கள் நிர்மாணிக்கப்பட்டுவருகின்றன. இவை திருந்திய முறையில் கட்டப்படாவிடில் ஒலி சம்பந்தமாக கெடுதல்கள் ஏற்படக் கூடும்.

ஒரு அறையினுள்ளே ஒலியை எழுப்பியவுடன் அது தோன்றிய இடத்திலிருந்து அலைகள் கிளம்பி நாலு திசைகளிலும் வினாடிக்கு 1,100 அடி கதியுடன் பரவி அறையினுள் உட்கார்ந்திருப்பவர்கள் மீதும், சுவர்கள் மீதும், கூரைமீதும் மோதுகின்றன. ஒலியின் கதி அறையின் அகல நீளத்தைக் காட்டிலும் பன்மடங்கு அதிகமாக இருப்பதால் சிறிது நேரத்திற்குள் சுவர்கள் மீதும், கூரை

மீதும் மோதிய அலைகள் அவற்றினால் அனேக முறை பிரதிபலிக்கப்பட்டு அறை முழுவதும் வியாபித்துவிடு கின்றன. பிரதிபலன நிகழ்ச்சியினால் சிலசமயம் அறை யினுள் சில இடங்களில் ஒலி அதிகமாக கேட்கக்கூடும். மற்றும் சில இடங்களில் கேட்காமலிருக்கலாம். வேறு சில இடங்களில் ஒலியின் பண்பு முற்றிலும் மாறி கேட்கக் கூடும். இவற்றைத் தவிர எதிரொலி (Echo), எதிர் முழக் கம் (Reverberation) என்ற நிகழ்ச்சிகள் தோன்றலாம். நிற்க, அறையின் சுவர்களும், கூரையும் மரத்தினால் ஆக் கப்பட்டிருப்பின், அவையும் உடனியங்கித் துடித்து ஒலி யின் முழக்கத்தைப் பெருக்கலாம். மேற்சொன்ன நிகழ்ச்சி கள் ஒவ்வொன்றின் விளைவாக எழுப்பிய ஒலிக்கும், கேட்கும் ஒலிக்கும் இடையே அதிக வேற்றுமை ஏற்பட்டு விடுகின்றது. சீரான முழக்கத்துடன் எல்லா இடங்களி லும் மாறாத பண்புடன் ஒலி கேட்குமாறு மண்டபங்கள் நிர்மாணிக்கப்படவேண்டும். இதற்குச் செய்யவேண்டிய திருத்தங்களைப் பார்க்குமுன் மேற்கூறிய கெடுதல்கள் ஒவ் வொன்றையும் தனித்தனியே சிறிது கவனிப்போம்.

முதலில் எதிரொலி என்னும் நிகழ்ச்சியை கவனிப் போம். உயர்ந்த சுவர்களுடைய ஒரு கட்டிடத்திற்குச் சிறிய தூரத்தில் நின்றுகொண்டு சப்தம் செய்தோமானால் முதலில் நேராகவரும் ஒலியைக் கேட்போம். பின்பு, தோன்றிய இடத்திலிருந்து கிளம்பிய அலைகள் கட்டிடத் தின் சுவர்களின் மீது பிரதிபலித்து மீண்டுவரும்பொழுது ஒலியை மறுமுறை கேட்போம். பின்னர் கேட்ட ஒலியைத் தான் எதிரொலி என்று கூறுவது வழக்கம். நேரே ஒலியைக் கேட்பதற்கும் பிரதிபலித்து வருகிற ஒலியை கேட்பதற்கு மிடையே நிகழ்ந்த நேரம் வேண்டியவரை நீடித்து இருந் தால் அன்றி இரண்டு ஒலிகளையும் வெவ்வேறாகப் பிரித்துக் கேட்க முடியாது. இதற்கு இந்நேரம் குறைந்த பக்ஷம் வீசம் வினாடி இருக்கவேண்டும். ஒலியின் கதியை அறி வோமாதலால் எதிரொலியைக் கேட்க கட்டிடத்திலிருந்து

எவ்வளவு தூரத்தில் நாம் நின்றுகொண்டு சப்தம் செய்ய வேண்டுமென்று சுலபமாக கணக்கிட்டுவிடலாம். இத் தூரம் ஏறக்குறைய 38 அடி ஆகும். அதாவது ஒலி, தோன்றிய இடத்திலிருந்து சுவர்வரை சென்று மீண்டு வந்து நம்மை அடையும் தூரம் 76 அடிக்கு மேற்பட்டிருக்கவேண்டுமென்று ஆகிறது. எனவே அகல நீளம் குறைவாயுள்ள மண்டபங்களில் எதிரொலி நிகழ்ச்சி ஏற்படாது. பிரதிபலனத்திற்குக் காரணமாயுள்ள பரப்பு கோளவடிவமாக இருப்பின் மீண்டுவரும் ஒலி ஓரிடத்தில் சென்று குவியும். அதாவது ஒரு மண்டபத்தின் கூரையோ அல்லது சுவரோ குழியுடன் இருக்குமானல் அப் பாகங்களிலிருந்து பிரதி பலித்து மீண்டுவரும் ஒலி சில இடங்களில் சென்று குவிந்து அதன் பொருட்டு அவ்விடங் களில் ஒலி அதிக முழக்கத்துடன் கேட்கும். மண்டபத்தின் சுவர்களையும் கூரையையும் சமதளமாக அமைத்து இக் கெடுதலை நிவர்த்திசெய்து விடலாம். இதை நிவர்த்திசெய்ய மற்ரெரு வழியும் உண்டு. ஒலியைக் குவியச் செய்யும் இடங்களை அறிந்து அவற்றைச் செதுக்கி மீண்டு வரும் ஒலியைக் குவியாமல் நாலா புறங்களிலும் சிதறியடித்து விடலாம். அகல நீளம் அதிகமாய் உள்ள மண்டபங்களில் எதிரொலி நிகழ்ச்சி ஏற்படுவதையும் இதே முறையைக் கையாண்டு நிவர்த்திசெய்து கொள்ளலாம்.

மண்டபத்தின் சுவர்கள்மீது பிரதிபலனம் ஏற்படும் போது உண்டாகும் மற்ருேர் நிகழ்ச்சியைக் காண்போம். சுவர்கள், கூரை முதலிய இடங்களில் பிரதிபலனம் ஏற் படும்போது ஒவ்வொரு முறையும் ஒலியில் சிறிதளவு அவ் விடங்களினுல் உறிஞ்சிவிடப்படுகிறது. இவ்வாறு இழக் கப்படும் பகுதியினளவு ஒலியின் சுருதியை பொருத்து இருப்பதுடன் பிரதிபலனம் அடையும் பரப்பின் தன்மை யின்மீதும் சார்ந்திருக்கிறது. அதிக சுருதியுள்ள ஒலி அலைகள் சீக்கிரம் உறிஞ்சிவிடப்படுகின்றன. ஒலிகள் எல்லாம் தூயனவல்ல என்றும் அவை ஓர் ஆதார சுருதி

யுடன் அதை போல பன்மடங்கு கொண்ட பல்வேறு பரிவார சுருதிகள் கூடியவை என்று முன்பு பார்த்தோம். மேலும் இப்பரிவார சுருதிகளின் எண்ணிக்கை, தன்மை இவற்றினுல்தான் ஒலியின் பண்பு பாதிக்கப் படுகிறது என்று கூறினேம். எனவே மண்டபத்தின்மீது ஒலிப் பிரதி பலனம் ஏற்படும்போது ஒலியின் பண்பு மாறுதலை அடையலாம். மண்டபத்தின் நடுவே பெரிய தூண்கள் இருக்கும் பக்ஷத்தில் அவற்றை ஒலி தாண்டிச் செல்லும் போது அவற்றிற்குப் பின்னுல் சிலசமயம் ஒலி கேட்காம லிருக்கலாம். கேட்டால் பண்பு முற்றிலும் மாறிக் கேட்க லாம். இதன் காரணத்தை இப்பொழுது கவனிப்போம்.

ஒளிக் கிரணங்களின் பாதையிலுள்ள பொருள்களின் பின்னுல் நிழல் ஏற்படுவதை அனைவரும் கவனித்திருக்க லாம். இதைப்போலவே ஒலி அலைகளுக்கும் நிழல் உண் டாகலாம். ஆனுல் ஒலி அலைகளின் நீளம் ஒளி அலைகளைக் காட்டிலும் பன்மடங்கு அதிகமாதலால் பெரிய கட்டிடங் கள் அல்லது சுவர்கள் இவற்றைத் தாண்டிச் செல்லும் போதுதான் ஒலிநிழல் (Sound Shadow) ஏற்படக்கூடும். சாதாரணமாக ஒலி அலைகள் பெரியத் தூண்களைத் தாண் டிச் செல்லும்போது வளைந்து சென்று தூண்களின் பின் னுலும் ஒலி கேட்கும்படி செய்யும். ஆனுல் ஒலியின் சுருதி அதிகமாயிருக்குமானுல் அதன் அலைகள் தூண் களின் பின்னுல் செல்லமுடியாமல் நேராகச் சென்றுவிடும். சுருதி அதிகமாக இல்லாவிட்டாலும் ஒலியில் அடங்கி யுள்ள உயர்ந்த பரிவார சுருதிகளுக்குண்டான அலைப் பகுதிகள் தடைப்பட்டு தூண்களின் பின்னுல் கேட்கும் போது பண்பு முற்றிலும் மாறிவிடுகின்றது. இக்கெடுதலை நீக்க மண்டபத்தின் நடுவே பெரிய தூண்கள் இல்லாமல் செய்ய வேண்டும்.

எதிர்முழக்கம் என்னும் நிகழ்ச்சியை இப்பொழுது கவனிப்போம். சங்கீதம் சிறிது தெரிந்த ஒவ்வொருவரும்

குளிக்கும்போது பாடி அனுபவிப்பதை அனைவரும் கவனித்திருக்கலாம். இதற்கு ஓர் காரணமுண்டு. உதாரணமாக ஒருவர் குளிக்கும் அறை அகல நீளம் பத்து அடி என்று கொள்வோம். இதில் அவர் பாடும்போது எழும்பிய ஒலி அறையின் சுவர்களில் ஒரு வினாடிக்குள் சுமார் நூறு தடவை பிரதிபலிக்கப்பட்டு நெடுநேரம் கேட்டுக்கொண்டே இருக்கும். இவ்வாறு அதிக நேரம் ஒலி நீடித்திருப்பதைத் தான் எதிர்முழக்கம் (Reverberation) என்று கூறுவார்கள். சங்கீதம் நன்றாய் இருப்பதற்கு சிறிதளவு எதிர்முழக்கம் இருக்கவேண்டியிருக்கிறது. இவ்வெதிர்முழக்கத்தினால் ஏற்படும் இனிமையைத்தான் ஒவ்வொருவரும் குளிக்கும் அறையில் பாடும்போது கேட்டு அனுபவிக்கின்றார். இதே நிகழ்ச்சியைக் காலி வீடுகளிலும், கோவில்களினுள்ளும் சுலபமாகக் காணலாம். இவ்வெதிர் முழக்கத்தினால் தீமையும் உண்டு. எதிர்முழக்கம் அதிகமாயுள்ள ஒரு அறையில் ஒருவர் பேசினால் அவர் எழுப்பும் ஒலி அலைகள் ஒன்றன்பின் ஒன்றாகத் தோன்றி உடனேயே மறையாமல் நிலைத்திருப்பதினால் முன்பின் உரைத்த வார்த்தைகள் ஒன்றோடொன்று பலபடக் கலந்து ஒரே கூச்சலாகக் கேட்பவர்கள் காதிற்படும். எனவே அவர் பேசுவது விளங்காமல் போய்விடும். ஆனால் சங்கீதத்துக்கு எதிர் முழக்கம் ஓரளவுக்கு இருக்கவேண்டும். பாடகர்கள் சில இடங்களில் பாடும்போது மேளம் கட்டவில்லை என்று குறை கூறுவதைப் பலர் கேட்டிருக்கலாம். இதற்குக் காரணம் என்னவெனில் அவர்கள் பாடிய மண்டபங்களிலோ அல்லது ஹால்களிலோ எதிர் முழக்கமே ஏற்படாமல் போய்விடுவதுதான். இரண்டு மண்டபங்கள் அளவிலும், அமைப்பிலும் ஒத்திருந்தபோதிலும் ஒன்றில் பாடுகிறவர்கள் உற்சாகத்துடன் பாடுவதையும் மற்றொன்றில் விருப்பமில்லாமல் பாடுவதையும் காண்கிறோம். வேண்டிய அளவு எதிர்முழக்கம் இல்லாமலிருப்பதே இவ்வேற்றுமைக்குக் காரணமாகிறது. மேலும் எதிர்முழக்கம் குறைவாயுள்ள மண்டபத்தில் பாடுகிறவர்கள் சீக்கிரம் சோர்

வடைந்துவிடுவார்கள். நாம் இதுவரைபார்த்த கெடுதல்கள் எல்லாவற்றிலும் எதிர்முழக்க நிகழ்ச்சியைத்தான் நாம் நன்கு கட்டுப்படுத்தவேண்டியது அவசியமாகிறது. இது சம்பந்தமாக நம்முடைய அறிவை விருத்திசெய்தவர் அமெரிக்க தேசத்து Sabine என்ற விஞ்ஞானி ஆவர். இவர் அமெரிக்காவில் உள்ள பல கட்டிடங்களைச் சோதனை செய்து அவற்றைத் திருத்தி அமைத்திருக்கின்றார். இதற்கென்று Illinois என்னும் நகரத்தில் பிரத்தியேகமாக ஒரு சோதனை சாலை ஏற்படுத்தப்பட்டு இன்னும் இது சம்பந்தமான ஆராய்ச்சிகளை இவரது சீடர்கள் நடத்தி வருகின்றார்கள். இவ்விஞ்ஞானியின் ஆராய்ச்சிகளையும் அவர் கையாண்ட வழிகளையும் இப்பொழுது கவனிப்போம்.

இவர், சிறு அளவில் திருத்தவேண்டிய மண்டபங்களையோ, அல்லது கட்டிடங்களையோ மரத்தில் செய்துகொண்டு அதில் ஒலியை உண்டுபண்ணி அலைகளின் போக்கை பரிசீலனை செய்தார். இதற்கு மூன்று முறைகளை கையாண்டார். ஒலி எழுப்பியதிலிருந்து பல்வேறு நொடிகளில் ஒலி அலைகள் எவ்வாறு பிரதிபலனங்களினால் பாதிக்கப்பட்டு நாலு பக்கங்களிலும் பரவிச் செல்லுகின்றன என்பதை அறிய அலைகளின் போக்கைப் படமெடுத்தார். அப்படங்களைக் கொண்டு எங்கெங்கே பிரதிபலனமடைவதால் ஒலி குவிவது சாத்தியமாகிறது என்பதை அறிந்தார். எதிரொலி நிகழ்ச்சி ஏற்படக்கூடிய விடங்களையும் கண்டுகொண்டார். இவ்விடங்களில் எல்லாம் ஒலியின் பெரும்பகுதியை உறிஞ்சுதற்குரிய சாதனங்களை இயற்றி இக்கெடுதல்களை நீக்கினார். எதிர்முழக்கம் என்பது ஒரு அறையில் பேசுவதையோ அல்லது பாடுவதையோ நிறுத்திய பின்னர் ஒலி அடங்காமல் நெடுநேரம் கேட்டுக்கொண்டே இருப்பது என்று முன்பு பார்த்தோம். எவ்வளவு நேரம் ஒலி நீடித்திருக்கின்றதோ அக்காலத்தை எதிர் முழக்கத்துக்குரிய காலம் (Time of

Reverberation) என்று கூறுவார்கள். அதை அளப்பதற்கு நுட்பமான கருவிகளையும், ஒலி எழுப்புவதற்கு தக்க சாதனங்களையும் அமைத்துக்கொண்டு அனேகவிதமான கட்டிடங்களில் எதிர்முழக்க நேரத்தை அளந்து சோதனை கள் நடத்தி ஒரு முடிவைக் கண்டார். ஒரு மண்டபத்தில் எதிர்முழக்கம் ஏற்படும் போது அது நிகழும் காலம் மண்ட பத்தின் பருமனையும் (Volume), அதன் சுவர்கள் கூரை முதலிய இடங்களின் பரப்பையும், எல்லாவற்றினது உறிஞ்சும் தன்மையையும் பொறுத்து இருக்கிறதென்று கண்டுபிடித்தார். இவர் கண்ட உண்மையை ஓர் உதா ரணத்தைக் கொண்டு விளக்குவோம்.

ஒரு கோவிலில் உள்ள பெரிய மண்டபம் ஒன்றிலும் சிறிய மண்டபம் ஒன்றிலும் ஒலியை எழுப்பினால் பெரிய மண்டபத்தில் ஒலி நெடுநேரம் எதிர் முழங்கிக்கொண்டிருப் பதைக் கவனிக்கலாம். இதிலிருந்து எதிர்முழக்கம் மண் டபத்தின் பருமன் மீது சார்ந்திருப்பதை உணரலாம். காலி வீடுகளில் எதிர்முழக்கம் ஏற்படுவதை அனைவரும் கவனித்திருக்கலாம். வீட்டில் பண்டங்களை நிரப்பிய வுடன் எதிர்முழக்கம் மறைவதைக் கவனிக்கலாம். பண் டங்கள் நிரம்பியதினால் உண்டான அதிகப் பரப்பே இதற் குக் காரணமாயிற்று. இதிலிருந்து எதிர்முழக்கம் பரப் பின்மீது சார்ந்திருப்பதை அறியலாம். ஒரு மண்டபத்தி லுள்ள ஜன்னல்களை எல்லாவற்றையும் மூடி அதனுள் ளிருக்கும் ஸோபாக்கள் நாற்காலிகள் இவற்றை எடுத்து விட்டு, ஒலியை எழுப்பி எதிர்முழக்க நேரத்தைக் கவனிக்க வும். பின்பு ஜன்னல்களை திறந்து மண்டபத்தில் ஸோ பாக்கள் நாற்காலிகள் இவற்றைப் போட்டு மறுபடியும் ஒலியை எழுப்பி எதிர்முழக்க நேரத்தை கவனித்தால் அது குறைந்து இருப்பதை கவனிக்கலாம். இதிலிருந்து எதிர் முழக்கம் ஜன்னல்கள், ஸோபாக்கள் இவற்றின் உறிஞ்சும் பான்மையைப் பொறுத்து இருப்பதை உணரலாம். முற் சொன்ன விஞ்ஞானி எல்லாப் பொருள்களின் உறிஞ்சும்

பான்மையை அளந்து காட்டினர். இதற்கு இவர் ஒரு சதுர அடி பரப்புக் கொண்ட திறந்த ஜன்னலை (unit) அலகாகக் கொண்டு மற்றப் பொருள்களின் உறிஞ்சும் பான்மைகளை அளந்து காட்டினர். ஒலி உறிஞ்சும் விஷயத்தில் ஒரு மனிதன் சுமார் நாலரைச் சதுர அடி ஜன்னலின் திறமைக்குச் சமானமாக இருப்பதை அறிந்தார். இவர் அளந்து கண்ட முடிவுகள் மண்டபங்களைத் திருத்த பயன்பட்டன. மண்டபங்களைத் திருத்துமுன் அவற்றில் எந்த அளவு எதிர் முழக்கம் இருந்தால் இனிமை உச்ச மதிப்பைப் பெறுகிறது என்பதை நிர்ணயிக்க பல சங்கீத வித்வான்களின் அபிப்பிராயத்தை அறிந்து, அம்மண்டபங்களில் இருக்கவேண்டிய எதிர் முழக்கப் பொழுதை அளந்து தெரிந்து கொண்டார். பின்னர் அதற்கு தகுந்தவாறு உறிஞ்சும் பான்மை பெற்றுள்ள பொருள்களை மண்டபங்களில் புகுத்தி அவற்றை நாதக்கட்டாக இருக்குமாறு செய்தார். இவரது வழியைத்தான் எல்லா விஞ்ஞானிகளும் பின்பற்றி வருகிறார்கள்.

இனி, குறிப்பிட்ட சில காரியங்களுக்கென்றே நிர்மாணிக்கப்படும் மண்டபங்களுக்கு வேண்டிய ஒலி நிபந்தனைகளைப்பற்றிச் சிறிது பார்ப்போம். எல்லா நாடுகளிலும் ஜனப்பிரதிகள் கூடி ராஜீய விஷயங்களை விவாதிப்பதற்கு என்று அமைந்துள்ள சட்ட சபை மன்றங்களை முதலில் எடுத்துக்கொள்வோம். இம்மன்றங்களில் அங்கத்தினர்கள் ஒவ்வொருவரும் அவரவர் அமர்ந்திருக்குமிடத்தில் நின்றுகொண்டுதான் பேசுவது வழக்கம். அப்பேச்சை மற்றவர்கள் நன்ருக கேட்கவேண்டும். கட்டிடத்தில் எதிரொலி, ஒலிக்குவியல் முதலிய கெடுதல்களிருப்பின் அவற்றை அகற்றிவிடவேண்டும். முக்கியமாக எதிர் முழக்கத்தை கட்டுப்படுத்தவேண்டும். இது அதிகம் இருப்பின் ஒருவர் பேசும் பேச்சு மற்றவர்கள் காதிலே ஒரே கூச்சலாகக் கேட்கும். மேலும் எதிர்முழக்க நேரம் கூட்டத்திற்கு வரும் அங்கத்தினர்களைப் பொறுத்து இருப்

பதால் அந்நேரம் எப்பொழுதும் ஒன்ருக இருப்பது கஷ்டம். அங்கத்தினர்கள் குறைவாக வந்திருந்தபோதிலும் எதிர் முழக்கத்திஞல் கெடுதல் ஏற்படாமல் இருக்கும் பொருட்டு எல்லோருக்கும் மெத்தை தைத்த நாற்காலிகள், ஸோபாக் கள் முதலியவற்றைத்தான் போடுவது வழக்கம். பேசும் படங்கள், ஆர்செஸ்ட்ரா போன்ற பெரிய நிகழ்ச்சிகளுக்கு வேண்டிய மண்டபங்களும் நாதக்கட்டாக அமைய வேண்டும். ஒலியின் முழக்கத்தை அதிகரிக்க உடனியங் கக்கூடிய மெல்லிய பலகைகளை அல்லது அட்டைகளை மேடையுடன் சேர்த்து அமைப்பது வழக்கம். இவை உடனியங்குவதால் ஒலியின் பண்பு சிறிது மாறுதல் அடையக்கூடும். லீப்ஸிக் (Leipzig) நகரத்தில் உள்ள பிரசித்தி பெற்ற மண்டபத்தில் இவ்வாறு மேடையை அமைத்திருக்கிருர்கள். ரேடியோ நிலயங்களில் பாடு வதற்கு என்றும் பேசுவதற்கு என்றும் அறைகளை அமைத் திருப்பார்கள். பாடுவதற்கு முன் அறைக்குத் தகுந்த சுருதியையும் முழக்கத்தையும், பாடகர் அறிந்துகொள்ள நிலயத்தார் முதலில் ஒத்திகை நடத்துவார்கள். இவ் வறைகளின் பக்கங்கள் எல்லாம் ஒரே மாதிரியாக உறிஞ் சும் தன்மை பெற்றிருப்பதற்காக ஸிலோடெக்ஸ் (Celotex) என்ற ஒருவித பொருளிஞல் அறையின் சுவர்களும் கூரை யும் அமைந்திருக்கும். பேசுவதற்கு உண்டான அறைகள் சிறியனவாக இருக்கும். இவற்றில் எதிர்முழக்கம் சிறிதும் இல்லாதவாறு செய்யப்பட்டிருக்கும். பாடுவதற்குண்டான அறை வேறுவிதமாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

கேள்விகள்

90. சூரிய வெளிச்சம் கண்ணுடியில் விழுந்து திசை மாறு தலை அடைகின்றது என்பதை விளக்கிக் காட்ட ஒரு பரி சோதனையை விவரித்து எழுதுக.

91. ஒளியைப்போல எவ்வாறு ஒரு பலகையில் ஒலியும் பிரதிபலனம் ஆகும் என்பதை விளக்கிக் காட்டச் செய்யப்படும்

பரிசோதனையை விவரித்து எழுதுக. ஒலி பிரதிபலனம் ஆகும் பொழுது அனுஷ்டிக்கும் விதியைக் கூறுக.

92. குழிந்த வடிவமுள்ள பொருள்களில் ஒலி எவ்வாறு பிரதிபலனம் அடையும் என்பதை விவரிக்கவும்.

93. ரெவெர்பரேஷன், இண்டர்பியரென்ஸ் என்றால் என்ன ? இவற்றை விவரிக்கவும்.

94. ஸங்கீத மண்டபங்களின் அமைப்பு எவ்வாறு இருக்க வேண்டும் ? ஏன் ?

95. எதிரொலி (Echo) என்றால் என்னவென்றும், அது எப்பொழுது ஏற்படும் என்றும் விளக்கி எழுதுக.

96. மண்டபங்களின் நாதக்கட்டை அறிய Sabine செய்த சோதனைகளை விவரிக்கவும்.

அத்தியாயம் 11

(Principles of Staff Notation)

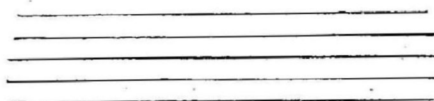
ஸ்டாப் நொடேஷனின் முக்கிய அம்சங்கள்

[ஸ்டாப் நொடேஷனின் கருத்து—நோட்டுகளின் பெயர் களும், அவைகளின் சங்கேதங்களும்—பலவித கிளெப்புகளும் அவைகளை குறிப்பிடும் விதமும்—ரெஸ்டுகளும் அவைகளின் சங்கேதங்களும்—பார் லைன்களும் அவற்றின் உபயோகமும்]

ஐரோப்பியர்கள், அவர்கள் ஸங்கீதத்தைத் தகுந்த அடையாளங்களைக்கொண்டு புஸ்தகத்தில் எழுதுகிறார் கள். அம்மாதிரி புஸ்தக ரூபமாக, நம்முடைய கர்நாடக ஸங்கீதத்தை எழுதக்கூடாதா வென்றும், அவர்கள் எவ் வாறு அடையாளங்களைக்கொண்டு ஸங்கீதத்தை எழுத்து மூலமாக அப்பியாசம் பண்ணுகிறார்கள் என்றும் இப் பொழுது கவனிப்போம். அவர்களுடைய ஸங்கீதத்தில் பெரும்பாலும் ஸ்வர ஸ்தானங்கள் அசைவில்லாமல் இருப் பதால் சுலபமாக அவைகளை எழுத்துமூலமாகக் குறிப்பிட முடிகின்றது. நம்முடைய ஸங்கீதத்தில் ஸ்வரங்களைத் தொகுதிகளாக உச்சரிக்கும் பொழுது உண்டாகும் சுகத் தையே நாம் முக்கியமாக கருதுவதாலும் ஸ்தானங்களை அசைத்துப் பிடிப்பதாலும், கமகங்களைப் பிரயோகப் படுத்துவதாலும், ஸெமிடோனுக்கு மிகவும் குறைவான இடைவெளிகள் உபயோகப்படுத்துவதாலும், நம்முடைய கர்நாடக ஸங்கீதத்தை நொடேஷன் மூலமாகப் பூராவாகக் குறிப்பிட முடியாது. ஸ்வரப்படுத்தின கீர்த்தனைகள் அனேகம் புஸ்தகங்களிலிருந்த போதிலும், அவைகளைப் பாடம் பண்ணுவது அவ்வளவு எளிதல்ல. இருந்தாலும், நம்முடைய ஸங்கீதத்தை நொடேஷன் மூலமாகக் குறிப்

பிடலாம் என்பது சிலருடைய நம்பிக்கை. உதாரணமாக, சின்னஸாமி முதலியார் சில கீர்த்தனைகளை ஸ்டாப் நொடேஷன் முறையில் எழுதியிருக்கிறார்,

இப்பொழுது (Staff Notation) ஸ்டாப் நொடேஷனைப் பற்றிய சில விவரங்களைக் கவனிப்போம். படத்தில்



லிகர் கோடுகள்.

படம் 90

காணப்படுவது போல் ஐந்து நேர்கோடுகள் (Staff Notation) ஸ்டாப் நொடேஷனில் ஸ்வரங்களைக் குறிப்பதற்கு எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன. அந்தக் கோடுகளுக்கு (Leger Lines) லிகர் கோடுகள் என்று பெயர் சொல்லப் படும். எல்லாக் கோடுகளுக்கும் பொதுப் பெயர் (Staff) ஸ்டாப் என்பது. ஸ்வரஸ்தானங்கள் கோடுகள் மேலும், கோடுகளிற்கு இடையேயும் குறிப்பிடப் படுகின்றன. ஸ்வரஸ்தானங்களின் கார்வையைக் குறிப்பதற்குக் கீழ் கண்ட அடையாளங்கள் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன.

அவை :—

𝅝	Full note	(புல் நோட்) என்றும் ;
𝅗𝅥	Half note	(அரை நோட்) என்றும் ;
𝅘𝅥	Quarter note	(கால் நோட்) என்றும் ;
𝅘𝅥𝅮	One Eighth note	(அரைக்கால் நோட்) என்றும் ;

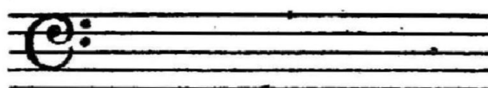
 One Sixteenth note (வீசம் நோட்) என்றும் ;

 $\frac{1}{32}$ of a note (அரை வீசம் நோட்) என்றும்;

 $\frac{1}{64}$ of a note (கால் வீசம் நோட்) என்றும் ;

குறிக்கப்படுகின்றன. பிறகு எந்த நோட்டிலிருந்து ஆரம்பம் செய்கின்றதென்பதற்கு சில அடையாளங்களை மேற்கொள்ளுகிறார்கள். எப்படிச் சுருதிக்குத் தகுந்தவாறு மனிதர்களுடைய சாரீரங்கள், (Bass) பாஸ், (Baritone) பாரிடோன், (Tenor) டெனர், (Alto) ஆல்டோ, (Soprano) ஸொப்ராணோ என்று பிரிக்கப் பட்டிருக்கின்றனவோ, அவற்றை ஒட்டி (Bass Staff) பாஸ் ஸ்டாப் (Baritone Staff) பாரிடோன் ஸ்டாப் என்றும், பலமாதிரியாக எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டிருக்கின்றது. (Staff) ஸ்டாபில் நோட்டுகளின் ஆரம்பத்திற்குத் தகுந்தாற்போல் (Clef) கிளெப் என்ற குறியீட்டை உபயோகப்படுத்துகிறார்கள். அவைகளில் மூன்று இருக்கின்றன. அவைகள் (F Clef) எப் கிளெப் என்றும், (C Clef) ஸி கிளெப் என்றும், (G Clef) ஜி கிளெப் என்றும் சொல்லப் படுகின்றன. (Clef) கிளெப்பின் அடையாளத்தினால் C, D, E, F, G, A, B, இந்த நோட்டுகளை (Staff) ஸ்டாபில் குறிக்கமுடியும். (C Clef) என்பதற்கு  என்ற அடையாளமும் (F Clef) என்பதற்கு  என்ற அடையாளமும், (G Clef) என்பதற்கு  என்ற அடையாளமும் உபயோகப்படுகின்றன.

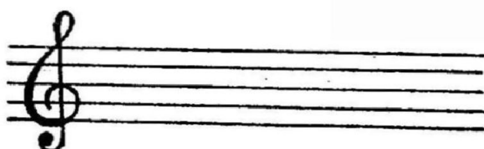
இந்த அடையாளம் (Staff) ஸ்டாபின் ஆரம்பத்தில் குறிப்



எப் கிளேப் ஸ்டாப் (F Clef Staff)

படம் 91

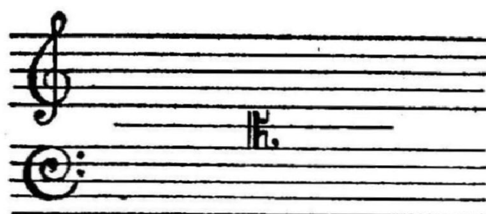
பிடப்படும். (F Clef) எப் கிளெப்பிற்கு உள்ள அடையாளத்தை கீழே இருந்து நான்காவதாக இருக்கும் கோட்டில் எப்பொழுதும் குறிப்பிடப்படும்.



ஜி கிளேப் ஸ்டாப் (G Clef Staff)

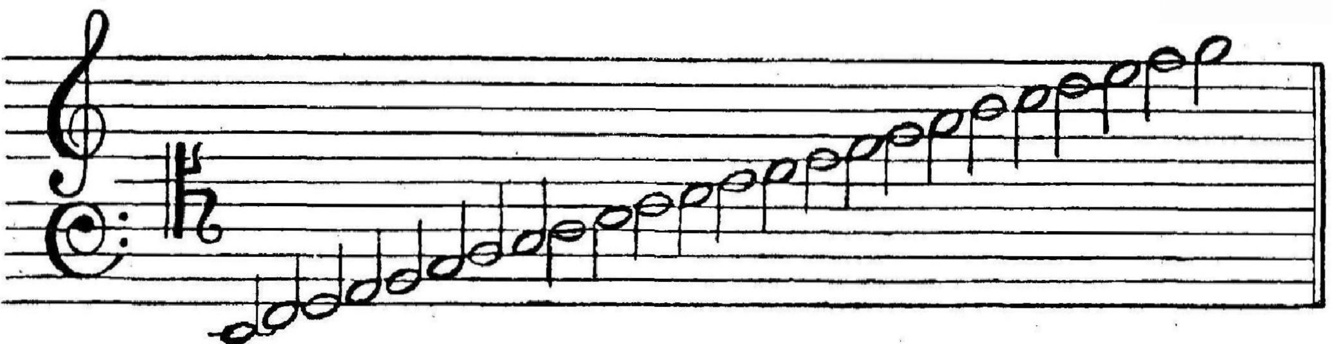
படம் 92

(G Clef) ஜி கிளெப்பிற்கு உள்ள அடையாளம் எப்பொழுதும் கீழே இருந்து இரண்டாவது கோட்டின் தலைப்பில் குறிப்பிடப்படும். இரண்டு (Clef) கிளெப்பைக் குறிக்



கிரேட் ஸ்டாப் (Great Staff)

படம் 93



மூன்று ஸ்தாயிகளில் வரும் ஸ்வரஸ்தானங்களை அரை நோட்டு கார்வையுடன் குறிக்கப்பட்டிருக்கும் கிரேட் கிளேப்.

படம் 94

கப்பட்டுள்ள (Staff) ஸ்டாபிற்கு (Great Staff) கிரேட் ஸ்டாப் என்று சொல்லப்படும். அதன் மேலே ஐந்து கோடுகளும், கீழே ஐந்து கோடுகளும் இருக்கும் இரண்டு தனி (Staff) ஸ்டாப்களிற்கு இடையே ஒரு கோடு வரைந்து அதன்மேல் (C Clef) ஸி கிளெப்பிற்கு உண்டான அடையாளம் குறிப்பிடப்படும். இவ்விடம் காணப்படும் 94-ம் படத்தில் நோட்டுகள் குறிப்பிடப் பட்டிருக்கும் விதத்தை கவனிக்கவும். அந்தந்த அடையாளத்துக்கு நேர் அந்தந்த நோட்டுகள் வருவதைக் கவனிக்கலாம். அவ்வாறு 3 ஸ்தாயிக்குள்ள ஸ்வரஸ்தானங்களை (Half Tone) அரை டோன் கார்வையுடன் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றதைப் படத்திலிருந்து காணலாம். ஒவ்வொரு கோட்டின்மேலும், இரண்டு கோடுகளிற்கு இடையேயும் ஸ்தானங்கள் குறிப்பிடப்பட்டிருப்பதை இதில் முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டும். இதே ஸ்தானங்களில் 𝅗𝅥 என்ற அடையாளத்திற்குப் பதிலாக 𝅝 என்ற அடையாளம் பூராவாகவும் குறிப்பிடப்பட்டிருக்குமானால், எல்லா ஸ்வரங்களும், முழு நோட்டு கார்வையுடன் பிரயோகிக்கப்படவேண்டுமென்று அறியவேண்டும். ஒரே (Staff) ஸ்டாபில் (Full note)) முழு நோட் ஸ்வரங்களும், அரை நோட் ஸ்வரங்களும், கால் நோட் ஸ்வரங்களும் இம்மாதிரி எல்லாவித கார்வையுள்ள ஸ்வரங்களும் கலந்து வரலாம். அந்தந்த ஸ்தானத்தில் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் அடையாளத்தைக்கொண்டு அந்தந்த ஸ்தானங்களுக்கு, முழு நோட் கார்வையோ, அரை நோட் கார்வையோ, எவ்வித கார்வை கொடுக்க வேண்டுமென்று அறியலாம். எவ்வாறு கார்வையை அடையாளங்களைக்கொண்டு (Staff) ஸ்டாபில் குறிப்பிடப்படுகின்றதோ அதுபோலவே (Rest) ரெஸ்ட் அல்லது தாமதத்தையும், கீழ்க்கண்ட அடையாளங்களைக்கொண்டு குறிக்கப்படுகின்றன.

(Full note rest) புல் நோட் ரெஸ்ட்.

(Half note rest) அரை நோட் ரெஸ்ட்.

($\frac{1}{4}$ note rest) கால் நோட் ரெஸ்ட்.

($\frac{1}{8}$ note rest) அரைக்கால் நோட் ரெஸ்ட்.

($\frac{1}{16}$ note rest) வீசம் நோட் ரெஸ்ட்.

($\frac{1}{32}$ note rest) அரை வீசம் நோட் ரெஸ்ட்.
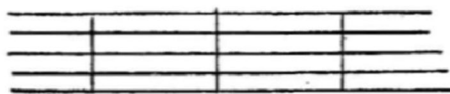
($\frac{1}{64}$ note rest) கால் வீசம் நோட் ரெஸ்ட்.

சில சமயங்களில் நோட்டின் கார்வையை அதிகப் படுத்தக் கீழ்க்கண்ட அடையாளங்களைக்கொண்டு குறிப் பிடப்படும். இவ்வாறு ஒரு வளைவு கோட்டால் சேர்க்கப்பட்டிருந்தால் அந்த ஸ்தானத்திற்கு முக்கால் நோட் கார்வை கொடுக்கவேண்டுமென்று அறியவேண்டும். இது வேறுவிதமாகவும் குறிப்பிடப்படும். $\frac{1}{2}$ நோட்டிற்குப் பக்கத்தில் ஒரு புள்ளியைப் போட்டால் அப்பொழு தும் முக்கால் நோட் கார்வை கொடுக்கவேண்டுமென்று அறியவேண்டும்.

நோட்டுகளை ஒரு ஸெமிடோன் இடைவெளி அதிகப் படுத்தினால் அதற்கு (Sharp notes) ஷார்ப் நோட்டு களென்றும், ஒரு ஸெமிடோன் இடைவெளி குறைவாகப் பிடித்தால் (Flat notes) பிளாட் நோட்டுகளென்றும் சொல்லப்படும். அவைகளின் அடையாளங்கள் கீழ்க்

கண்டவாறு குறிக்கப்படும். ♯ F என்பதற்கு (F Sharp) எப் ஷார்ப்பென்றும் ♭ F என்பதற்கு (F Flat) என்றும் எப் பிளாட் என்றும் அறியவேண்டும்.

சாகித்தியங்கள் இவ்வாறு அடையாளங்களைக் கொண்டு குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன. தாளத்தைக் குறிப்பதற்கு உண்டான அடையாளத்தை இப்பொழுது பார்ப்போம். தாளத்தை (Bar lines) பார் கோடுகள்



பார் கோடுகளை காட்டும் படம்

படம் 95

என்று சொல்லப்படும் கோடுகளைக்கொண்டு காண்பிக்கப் படும், அவைகள் செங்குத்தாக (Staff) ஸ்டாப் கோடு களில் இழுக்கப்படும். உதாரணமாக படத்தில் (படம் 95) காணப்படும் (Staff) ஸ்டாபில் செங்குத்தாக வரையப் பட்ட கோடுகளுக்கு (Bar lines) பார் கோடுகளென்றும், அம்மாதிரி இரண்டு கோடுகளுக்கு இடையேயுள்ள இடத் திற்கு (Bar) பார் என்றும் சொல்லப்படும். இரண்டு கோடு களிற்கும் உள்ள இடைவெளி தாளத்தின் பரிமாணத்தைக் குறிக்கும். அதைத் தெரிந்துகொள்வதற்கு (Staff) ஸ்டாப் பின் ஆரம்பத்தில் இரண்டு நம்பர்கள் ஒன்றின் கீழ் ஒன்ருகப் போடப்பட்டிருக்கும். அதைக்கொண்டு தாளத்தை அறியவேண்டும். உதாரணமாக (Staff) ஸ்டா பின் ஆரம்பத்தில் $\frac{2}{2}$ என்று போடப்பட்டிருந்தால் இரண்டு பார் கோடுகளுக்குள் அரை நோட்டுகளில் இரண்டு அரை



நோட்டுகளின் கார்வை இருக்கவேண்டுமென்று அறிய வேண்டும். ஒரு தட்டிற்கும், மற்றொரு தட்டிற்கும் மத்தியில் இரண்டு அரை நோட்டுகள் புகுத்த வேண்டுமென்று



அறியவேண்டும். $\frac{2}{4}$ இவ்வாறு போட்டிருந்தால் இரண்டு பார் கோடுகளுக்கு மத்தியில் $\frac{1}{4}$ நோட்டு கார்வையுள்ள ஸ்வரங்களில் இரண்டு ஸ்வரங்கள் அடங்கியிருக்க வேண்டுமென்று அறியவேண்டும். இம்மாதிரி குறிப்பிட்டிருக்கும் அடையாளத்தைக்கொண்டு தாளத்தின் பரிமாணத்தை அறியலாம். இதுபோன்ற விவரங்கள் ஸ்டாப் நொடேஷனில் அனேகமிருக்கின்றன. மேனாட்டார்களின் வாத்திய கச்சேரிகளுக்கு ஸ்டாப் நொடேஷன் பெரிதும் பயன்பட்டு வருகிறது. முதலில் கூறியதுபோல நம்முடைய சங்கீதத்துக்கு இது பயன்படாது.

கேள்விகள்

98. ஸ்டாப் நொடேஷனின் கருத்தை விளக்கிக்காட்டி எவ்வாறு ஸ்வரஸ்தானங்கள் அதில் குறிப்பிடப்படுகின்றன என்று எழுதவும்.

99. நம்முடைய ஸங்கீதத்திற்கு ஸ்டாப் நொடேஷனின் உபயோகம் எம்மட்டுமென்று எழுதவும்.

கீழ்க்கண்டவைகளைப்பற்றி எழுதுக :—

100. கிளெப்புகளும் அவைகளின் சங்கேதங்களும்.

101. நோட்டுகளின் பெயர்களும் அவைகளின் ஸங்கேதங்களும்.

102. ரெஸ்டுகளின் பெயர்களும் அவைகளின் ஸங்கேதங்களும்.

103. **(Leger lines and Bar lines)** லிகர் கோடுகளும் பார் கோடுகளும்.

(LIST OF TERMS)

பதங்களின் ஜாப்தா

1. (Nerves of Taste) சுவை நரம்புகள்.
2. (Optic Nerves) பார்வை நரம்புகள்.
3. (Auditory Nerves) கேள்வி நரம்புகள்.
4. (Tuning Fork) டியூனிங் போர்க் அல்லது ஒலிக் கவடு.
5. (Drumskin of the Ear) காதிலிருக்கும் மெல்லிய [தோல்.
6. (Simple Pendulum) ஸிம்பிள் பெண்டுலம்.
7. (Spring) ஸ்பிரிங் அல்லது விற்சுருள்.
8. (Vibration number) துடிப்பு எண்.
9. (Amplitude) ஆம்பிளிடியூட் அல்லது வீச்சு.
10. (Pitch) பிட்சு அல்லது சுருதி.
11. (Trevelyn Rocker) டிரவிலியன் ராக்கர்.
12. (Siren) ஸைரன்.
13. (Crest) கிரெஸ்ட் அல்லது முகடு.
14. (Trough) டிராப் அல்லது அகடு.
15. (Wave) அலை.
16. (Transverse waves) டிரான்ஸ்வெர்ஸ் அலைகள் [அல்லது குறுக்கலைகள்.
17. (Longitudinal waves) லான்ஜிடியூடினல் அலைகள் [அல்லது நெட்டலைகள்.
18. (Condensation) காண்டென்ஸேஷன் அல்லது [அடர்த்தி.
19. (Rarefaction) ரரிபாக்ஷன் அல்லது தளர்த்தி.
20. (Progressive waves) ப்ரோகிரவிவ் அலைகள் அல்லது [தொடர்ந்து செல்லும் அலைகள்.
21. (Stationary waves) ஸ்டேஷனரி அலைகள் அல்லது [நிலையாயிருக்கும் அலைகள்.

22. (Nodes) முடிகள்.
23. (Antinodes) எதிர்முடிகள்.
24. (Sound box) ஒலிப் பெட்டி.
25. (Monochord) மானோகார்டு.
26. (Bridges) குதிரைகள்.
27. (Peg) முளை.
28. (Scale) அளவுகோல்.
29. (Density) திண்மை.
30. (Loop) கண்டம்.
31. (Fundamental Tone) மூல சுருதி.
32. (Overtones) ஓவர்டோன்கள் அல்லது பரிவார [சுருதிகள்.
33. (Beats) பீட்ஸ் அல்லது விம்மல்கள்.
34. (Resonance) ரிஸொனன்ஸ் அல்லது உடனியக்கம்.
35. (Sympathetic Vibration) உடனியக்க துடிப்பு.
36. (Closed pipe) ஒரு பக்கம் திறந்த குழாய்.
37. (Open pipe) இரண்டு பக்கங்களும் திறந்த குழாய்.
38. (Organ pipe) ஆர்கன் பைப்.
39. (Open organ pipe) ஒரு பக்கம் திறந்த ஆர்கன் பைப்.
40. (Closed organ pipe) மூடப்பட்ட ஆர்கன் பைப்.
41. (Kundt's tube) குண்ட்ஸ் குழாய்.
42. (Lycopodium) லிகோபோடியம், ஒரு சன்னமான [தூள்
43. (Volume) பரிமாணம்.
44. (Measuring Jar) அளவு பாத்திரம்.
45. (Resonators) ரிஸொனேடர்கள்.
46. (Helmholtz Resonator) ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் [ரிஸொனேடர்
47. (Nipple) நிப்பிள்.
48. (Musical Scale) மியூசிகல் ஸ்கேல்.
49. (Interval) இண்டர்வெல் அல்லது இடைவெளி.
50. (Octave) ஆக்டேவ், ஒரு ஸ்தாயி.
51. (Major Scale) மேஜர் ஸ்கேல்.

52. (Minor Scale) மைனர் ஸ்கேல்.
53. (Second) ஸகிண்டு.
54. (Major Third) மேஜர் தேர்டு.
55. (Fourth) போர்த்து.
56. (Fifth) பிப்த்து.
57. (Major Sixth) மேஜர் ஸிக்ஸ்த்.
58. (Major Seventh) மேஜர் ஸெவன்த்.
59. (Major Tone) மேஜர் டோன்.
60. (Minor Tone) மைனர் டோன்.
61. (Semi Tone) ஸெமி டோன்.
62. (Minor Second) மைனர் ஸகிண்டு.
63. (Minor Third) மைனர் தேர்டு.
64. (Minor Sixth) மைனர் ஸிக்ஸ்த்.
65. (Minor Seventh) மைனர் ஸெவென்த்.
66. (Temperament) டெம்பரமெண்டு.
67. (Equal Temperament) ஈகுவல் டெம்பரமெண்டு.
68. (Concord and Discord) கன்கார்டும், டிஸ்கார்டும்.
69. (Concordant Triads) கண்கார்டண்டு டிரயர்டுகள்.
70. (Beating Interval) பீடிங் இண்டர்வெல்.
71. (Percussion) பெர்குஷன்.
72. (Bow) பிடிலின் வில்.
73. (Finger board) பிங்கர் போர்டு.
74. (Bowl) குடம்.
75. (Side Bridge) பக்கக்குதிரை.
76. (Plectrum) பிளெக்ட்ரம் எனப்படும் கம்பி வளையம்.
77. (Convex) குவிந்த.
78. (Buzzing effect) ஜீவு.
79. (Beads) மணிகள்.
80. (Young-Helmholtz Law) எங்-ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் [விதி.
81. (Sound-Post) ஸவுண்ட் போஸ்ட், ஒரு சிறிய [மரத்துண்டு
82 (Resin) ரோஸனம்,

83. (Mute) மியூட்.
84. (Wolf Note) வுல்ப் நோட்.
85. (Mouth hole) மவுத் ஹோல் அல்லது ஊது துளை.
86. (Stiff) முரணான.
87. (Conical) கூர் உருளை வடிவமுள்ள.
88. (Stretched membranes) பிகுவாய் இழுக்கப்பட்ட [தோல்கள்.
89. (Chladni's figures) சிலாட்னிஸ் கோலங்கள்.
90. (Nodal line) நோடல் கோடு.
91. (Nodal circles) நோடல் வட்டங்கள்.
92 (Nodal Meridians) நோடல் மிரிடியன்கள்.
93. (Elasticity) நெகிழ்ச்சி.
94. (Vocal organ or Larynx) வோகல் ஆர்கன் அல்லது [லாரிங்ஸ்.
95. (Vocal chords) வோகல் கார்டுகள் அல்லது குரல் [நாண்கள்.
96. (Muscles) தசைகள்.
97. (Wind Pipe) சுவாசக் குழாய்.
98. (Pinna) வெளிக்காது.
99. (Middle Ear) நடுக்காது.
100. [Ossicles (Hammer, Anvil, Stirrup)] காதிலிருக்கும் எலும்புத் தொடர்களின் பொது பெயரும் [தனிப்பெயர்களும்.
101. (Cochlea) காக்லீயா.
102. (Basilar membrane) பேஸிலார் மெம்பரேன்.
103. (Fibres) சிறு நரம்புகள்.
104. (Loudness or Intensity) முழக்கம்.
105. (Timbre or quality) பண்பு.
106. (Form of Vibration) துடிப்பின் அமைப்பு.
107. (Simple Tone) தனித்த சப்தம்.
108. (Compound Tone) கலப்பான சப்தம்.
109. (Analyse) விபாகம் செய்தல்.
110. (Synthesize) சேர்ப்பது.

111. (Imitate) பாவனை செய்தல்.
112. (Simple Vibration's Trace) தனித்த துடிப்பின் [சுவடு.
113. (Compound Vibration's Trace) கூட்டுத் [துடிப்பின் சுவடு.
114. (Miller's phonodeik) மில்லரின் போனோடிக் [என்னும் கருவி.
115. (Horn) புனல்.
116. (Diaphragm) டயாபரம் அல்லது ஒரு மெல்லிய தகடு.
117. (Oscillograph) ஆஸிலோகிராப் என்னும் கருவி.
118. (Phonograph) போனோகிராப்.
119. (Disc) வட்டமான தகடு.
120. (Microphone) மைகிரோபோன் என்னும் கருவி.
121. (Thermionic Valve) தெர்மியானிக் வால்வ்.
122. (Graphite) காரீயம்.
123. (Copper Sulphate) துருசு.
124. (Mother Shell) மதர் ஷெல் அல்லது மூலக்கூடு.
125. (Working Matrix) வொர்க்கிங் மெட்ரிக்ஸ்.
126. (Cabinet Model) காபினெட் மாடெல்.
127. (Logarithmic Horn) லாகரத்மிக் ஹாரன்.
128. (Cross-section) குறுக்குப் பரப்பு.
129. (Gramophone pick-up) கிராமபோன் பிக்-அப்.
130. (Loud Speaker) லவுட் ஸ்பீகர் அல்லது [ஒலி பெருக்கி.
131. (Telephone Transmitter) டெலிபோன் [டிரான்ஸ்மிடர்.
132. (Telephone Receiver) டெலிபோன் ரிசீவர்.
133. (Circuit) சர்குட் அல்லது மின் மண்டலம்.
134. (Modulation) மாடுலேஷன்.
135. (Electro-magnetic waves) மின் காந்த அலைகள்.
136. (Transmitting station) டிரான்ஸ்மிடிங் ஸ்டேஷன் [அல்லது அலைகள் கிளம்பும் இடம்.
137. (Modulator) மாடுலேடர்.

138. (Broadcasting Station) ரேடியோ சமாசாரம் [கிளம்பும் இடம்.
139. (Arial) எரியல்.
140. (Receiving Set) ரிசீவிங் ஸெட்.
141. (Rectifier or Detector) ரெக்டிபயர் அல்லது [டிடெக்டர்.
142. (Oscillator) ஆஸிலேடர்.
143. (Tuner) ட்யூனர்.
144. (Reflect) பிரதிபலித்தல்.
145. (Image) படிவம்.
146. (Incident Ray) மோதுங் கிரணம்.
147. (Normal) லம்பம்.
148. (Reflected Ray) மீளுங்கிரணம்.
149. (Echo) எக்கோ அல்லது எதிரொலி.
150. (Staff Notation) ஸ்டாப் நொடேஷன்.
151. (Bass) பாஸ்.
152. (Baritone) பாரிடோன்.
153. (Tenor) டெனர்.
154. (Alto) ஆல்டோ.
155. (Soprano) ஸொபிரானோ.
156. (Bass Staff) பாஸ் ஸ்டாப்.
157. (Baritone Staff) பாரிடோன் ஸ்டாப்.
158. (Clef) கிளெப்.
159. (F-Clef) எப்-கிளெப்.
160. (C-Clef) ஸி-கிளெப்.
161. (G-Clef) ஜி-கிளெப்.
162. (Sharp notes) ஷார்ப் நோட்டுகள்.
163. (Flat notes) பிளாட் நோட்டுகள்.
164. (Bar lines) பார் கோடுகள்.

இந் நூலாசிரியரின் மற்ற விஞ்ஞான நூல்களைப்பற்றிய சில அபிப்ராயங்கள்.

---

1. SANGITA OLI NOOL.

THE HINDU: "The bo k under review is practically the first of its kind dealing with scientific topics of a distinctingly high standard. The author and the University have done a distinct public service by publishing this in the vernacular"

ANNAMALAI UNIVERSITY JOURNAL.

"One interesting feature is the excellent way in which the author has discussed the nature of the musical instruments used in South India. The book is very well written and well serves the purpose for which it is written"

2. **பௌதிகநூல்**: (Intermediate Text book of physics in Tamil)

C. V. RAMAN, N.L."I admire your energy and enterprise in preparing this book"

C. RAJAGOPALACHARIAR: "It has been well done"

கவியோகி சுத்தானந்த பாரதியார்: *"நடையிலும், உடையிலும், பொருளிலும், பயனிலும் தங்கள் பௌதிகநூல் ஒப்புயர்வற்ற தமிழ்—அறிவுச் சுரங்கமாக நிலவுகிறது. இவ்வளவு தெளிவாக மேலை நாட்டுக்கலையை எழுதும் தமிழர் ஒருவர் நம்மிடையிருக்கும் போது, தமிழில் இனிக் கலைப் பஞ்சம் ஏது? இந் நூல் தமிழில் இருந்த ஒரு பெருங்குறையை நிறைவாக்கியது. தமிழ் உள்ள மட்டும் இந்நூல் தங்கள் பெயரை நின்று நிலவச்செய்யும்"*

Current Science, Bangalore: "It is indeed a laudable achievement. The get-up of the book is good and the planning and presentation of the subject are along the routine lines"

செந்தமிழ், மதுரை: "பௌதிக நுட்பங்களைப் புது மொழியிற் புகுத்தி யுரைக்குங்கால் எத்தனையோ இடர்ப்பாடு தோன்றல் இயல்பாம். ஆயினும், அவை பெரிதும் இடம் பெரு வாறு இப்புத்தக வெளியீடு நல்ல முறை தழுவிச் செல்லுவ தென்று தெளிவாய் விளங்குகிறது. எனவே, முதன்மையாக இந் நூலை ஆக்கி அளித்த ஆசிரியரின் அறிவாற்றல் போற்றிப் புகழுந்தரத்தன என்பதிற்றடையில்லை"

பாரதமணி, சென்னை: "பௌதிக நூல் தமிழ் மொழிக்குத் தனிப்பெருமையை அளித்ததாகவே கருதப்படவேண்டும். இன்டர்மீடியட்டு வகுப்பின் பாடத்திட்டத்திற்கு ஏற்ப தமிழில் வெளிவந்த நூல்கள் இதுகாறும் இல்லை. இந்நூலே அவ்வகுப்புக்குத் தாய் மொழியான தமிழிலேயே பௌதிகத்தைக் கற்பித்தலும் கற்பதும் கூடும் என்பதை முதன் முதலாக எடுத்துக் காட்டுகிறது. தமிழன்னைக்கு ஆசிரியர் பல ஆண்டுகள் வருந்தி முயன்று பெற்றுக் கொடுத்த பிள்ளை காளிதாஸனே என்பதிற் கையமில்லை"

ஈழ கேசரி: "இந்நூல் எழுதப்பட்டிருக்கும் உயரிய தராதரத்திற்கும் எளிய விளக்கமான வசன நடைக்கும் மனமார்ந்த நன்றியை நாங்கள் தெரிவித்துக்கொள்ளுகிறோம். மேலும் இந் நூல் ஓர் வழிகாட்டியாக அமைந்த முறையில் அதற்கும் எங்கள் வாழ்த்து உரித்தாகுக"

3. **ஒளியும் ஒலியும்:**

காலஞ்சென்ற டாக்டர் ராஜா ஸர் அண்ணாமலை செட்டியார் "பௌதிக சாஸ்திர விஷயங்களைத் தெளிவாய் தமிழில் எழுதியிருப்பது போற்றத்தக்கது. தமிழர்களுக்குத் தாங்கள் செய்த ஒரு சிறந்த தொண்டு இது"

தினமணி, சென்னை: "தமிழின் இன்சுவை அறியாத பலர் கூறி வந்த இழுக்கை இந்த புத்தகத்தின்மூலம் ஆசிரியர் அகற்றிவிட்டார்"

குமரன், காரைக்குடி: "விஞ்ஞான சாஸ்திரத்தைப் பற்றி தமிழில் ஒரு நூல் எழுதுவது லேசான காரியமன்று. அதிலும் ஆங்கிலம் படியாத தமிழர்களுக்கும் படித்தறிந்து

உணர்ந்து கொள்ளும்படி எழுதுவது மிகக்கடினமென்று சொல்லலாம். இந்நூலாசிரியர் தமது திறமையினாலும், பழக்கத்தினாலும், மிக எளிய நடையில் சிரமமின்றி சாதாரணமாகப் பழக்கத்திலுள்ள பதங்களை பெரும்பாலும் உபயோகித்து இந்நூலை தொகுத்து இருக்கிறார். இவ்வுயரிய நூலுக்கு சக்கரவர்த்தி இராஜகோபாலாசாரியார் முகவுரை கொடுத்திருக்கிறார்"

4. **ஆலயமணி :**

ஆனந்தவிகடன் : "எல்லோரும் அவசியம் தெரிந்து கொள்ளவேண்டிய அளவுக்கு விஞ்ஞான அறிவைச் சுலபமாகப் புகட்டக்கூடிய பல அரிய கட்டுரைகள் இந்த பிரசுரத்தில் அடங்கி இருக்கின்றன"

பாரதசக்தி, புதுச்சேரி: "தமிழில் ஏராளமான அருட் செல்வம் குவிந்து கிடக்கிறது. உலகிற்கெல்லாம் வழங்கலாம். தமிழில் தற்கால ஸயன்ஸ் கலைகள் வெளிவரவேண்டும். விறுவிறுப்பான தமிழில் பொருட் செறிவுள்ள இத்தகைய நூல்களே தமிழுக்குப் புத்துயிர் அளிப்பனவாகும்"

5. **விஞ்ஞானக் காட்சி**

THE HINDU, MADRAS: "The Short articles on Scientific subjects included in this volume provide excellent reading. The book opens with thumb nail sketches of some of the greatest names in Science and proceeds to deal with such varied subjects as the science of acoustics, Indian musical instruments, the sun and the planets, earthquakes, Television etc."

ALL INDIA RADIO, TIRUCHIRAPALLI: "கட்டுரைகள் எல்லாம் பொதுமக்களுக்கு எளிதில் புலப்படும் போக்கில் எழுதப்பட்டிருக்கின்றன. இவற்றின் ஆசிரியரைத் தமிழ்நாடு இன்னும் இத்துறையில் பணிபுரியுமாறு ஊக்கவேண்டும்"

6. **விசுவரூபம் :**

THE HINDU, MADRAS: "The author has presented the Scientific topics in a way that the layman can understand abstruse scientific ideas clearly. The book abounds in analogies

which are exceedingly apt. The Tamil reading public owes a debt of gratitude to him for his contribution to the literature of Tamil Nad"

கலைமகள், சென்னை: "ஆசிரியர் நுட்பமான விஞ்ஞான உண்மைகளை எல்லாம் கதைபோல் சுவாரஸ்யமாக ஆனால் அம்சங்களை விடாமல், நன்றாக எல்லோருக்கும் விளங்கும்படி எழுதி வெற்றியும் பெற்றிருக்கிறார்"

SWAMI CHIDBHAVANANDA:- "Your skill in expounding scientific subjects in chaste and simple Tamil is praiseworthy"

Dr. K. S. KRISHNAN, NATIONAL PHYSICAL LABORATORY, NEW DELHI: "வெகு வருஷங்களாக தாங்கள் பௌதிக விஷயங்களைப்பற்றித் தமிழில் எழுதி—சாதாரண ஜனங்களுக்கும் தெளிவாகத்தெரியும்படி எளிய நடையில் எழுதி—வருவது மிகவும் போற்றத்தக்கது"

7. **சக்தி:**

INDIAN EXPRESS, MADRAS: "Topics like gravitation Inertia and Atomic energy are explained with homely illustrations and the truth that solar energy is the root cause for water power. wind power. coal power & oil power is well brought out. Similies which can be easily understood even by a layman have been scrupulously employed for purposes of clarity"

C. RAJAGOPALACHARIAR: "I see you are improving everyday your expository style in Tamil and that you are not slackening your enthusiasm but putting more and more energy in the work of making Tamil an adequate vehicle of modern Science"

காவேரி, கும்பகோணம்: "விஞ்ஞானம் எட்டாப் பொருள் என்று நினைத்தவர்கள் இந்நூலைப் படித்தால் எப்படி சிறந்த ஆசிரியர்கள் அதைப் பாமரர்களுக்குக்கூட விளங்கும்படி ஆக்கமுடியும் என்பதை தெரிந்து கொள்ளலாம். ஒவ்வொருவரும் கற்றுணரவேண்டிய நூல் இது. தமிழுக்கு இப்புத்தகத்தின் மூலம் ஆசிரியர் பெரிய தொண்டாற்றியுள்ளார்"

கலைமகள், சென்னை : "பலவகையான இயற்கைச் சக்திகளைப்பற்றியும் அவை மனிதனுக்குப்பயன்படும் விதத்தைப் பற்றியும் எழுதியிருக்கிறார். பொதுமக்கள் அறிவுவளர இது பயன்படும்"

தினமணி, சென்னை : "ஆசிரியர் இக்கட்டுரைகளை எளிய தமிழ்நடையில் நமக்கு தந்திருக்கிறார். தவிரவும் இலக்கியச் சுவையுடன் இனிய மொழிகளில் தாம் எடுத்துக்கொண்ட விஷயம் எல்லோர் மனதிலும் படியும்படி இந்நூலை வெளியிட்டிருப்பது பாராட்டத்தக்கது. விஞ்ஞானக் கட்டுரைகளில் பாரதியாரின் பாடல்களைச் சந்தர்ப்பத்திற் கேற்றவாறு கையாண்டு ஆசிரியர் சுவை யூட்டியிருக்கிறார். இந்நூலை வாசிக்கும் போது இயற்கை அன்னையின் ஏட்டிலுள்ள கதைகளை வாசிப்பது போன்ற உணர்ச்சியே நமக்கு ஏற்படுகிறது. இது போன்ற நூல்களுக்கு ஊக்கமளிப்பது தமிழ் நாட்டாரின் கடமையாகும்"

8. **"அணுவில் தாண்டவம்"**

SWAMI SIVANANDA SARASWATHI, RISHIKESH : "You have done a great service to the scientific world by presenting this valuable work. The real beauty lies in the thorough research you have made in science and in giving a true exposition of the dance of Siva"

THE HINDU, MADRAS : In this remarkably well written book the author has giver a clear and concise account of the story of the Atom. It is written in an attractive style which can be easily understood by a layman. One feels as if he is listening to a running commentary on the subject by a master"

கல்கி, சென்னை : "சில நாட்களுக்கு முன்புவரைகூட விஞ்ஞானத்தைத் தமிழில் சொல்லமுடியுமா? என்ற கேள்வி கேட்கப்பட்டுவந்தது. இதோ! அணுவின் ரகசியத்தையே சாங்கோபாங்கமாக எடுத்துக்கூறும் புத்தகம் வெளிவந்திருக்கிறது"

ஆனந்தவிகடன், சென்னை: "அதி நுட்பமான அணுவிஞ்ஞான ஆராய்ச்சிகளையும் இனிய தமிழில்—இன்றைய வளரும் தமிழில்—வெளியிடமுடியும் என்பதற்கு இந்நூலும் ஒரு நற்பெருஞ்சான்று"

ஈழகேசரி: "அணுவில் தாண்டவம் என்ற உயரிய விஞ்ஞானப்பொருளை விளக்கும் இந்நூல் அழகிய தமிழில் தெள்ளிய நடையில் எல்லோரும் எளிதில் அறிந்துகொள்ளும் முறையில் எழுதப்பட்டிருக்கிறது. அணுவுக்குள் அடங்கியிருக்கும் அபாரசக்தியை அறிவதற்கு விஞ்ஞானிகள் எடுத்த அரும் பிரயாசையையும் அவர்கள் அடைந்துள்ள வெற்றியையும் இந்நூல் விவரிக்கின்றது. இதுபோன்ற அரிய நூல்களைச் சுலபமான தமிழில் எழுதி உதவும் இப் பௌதிகப் பேராசிரியருக்குத் தமிழுலகம் மிகவும் நன்றி செலுத்தவேண்டும்"

கலைமகள், சென்னை: "ஆசிரியர் பல கடினமான விஷயங்களை ஓரளவு தமிழ் அறிவு உள்ளவர்களுக்கும் விளங்கும்படி இப் புத்தகத்தில் எழுதியிருக்கிறார். கடினமான இடங்களை விளக்க இவர் கொடுக்கும் உபமானங்கள் பொருத்தமானவைகளாக இருக்கின்றன. பொதுமக்கள் விஞ்ஞான அறிவு பெற இது பயன்படும்"

9. **THE PHYSICS OF MUSIC:**

CURRENT SCIENCE, BANGALORE: "The book is written in Simple English and will be a boon to those who have chosen music as a course of study"

MODERN REVIEW, CALCUTTA:

"Professor Visvanathan has written the present book to rouse the interest of the musically minded people in the study of our musical systems. The book will also be of great help to the makers of musical instruments"

TRIVENI, MADRAS: "The chapters contain useful information which has so far confined to text books on sound. The book would be widely read and appreciated by all those interested in the objective understanding of the basic principles of music"

THE HINDU, MADRAS: "The book deals with the elementary aspects of the physics of sound with reference to Indian musical instruments and it is an admirable and lucid exposition of the principles usually dealt with in class room lectures"

The Trichinopoly United Printers Ltd., Tiruchirapalli.

